

BUSINESS CASE – PROYECTO FINAL

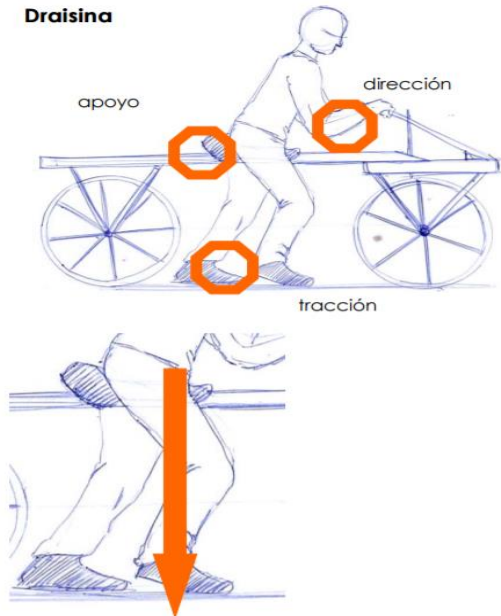


**José Sampietro – Antoine Balmes
Tobias Brown - Marion Imbault
Dirección de Operaciones
24 de Mayo 2017**

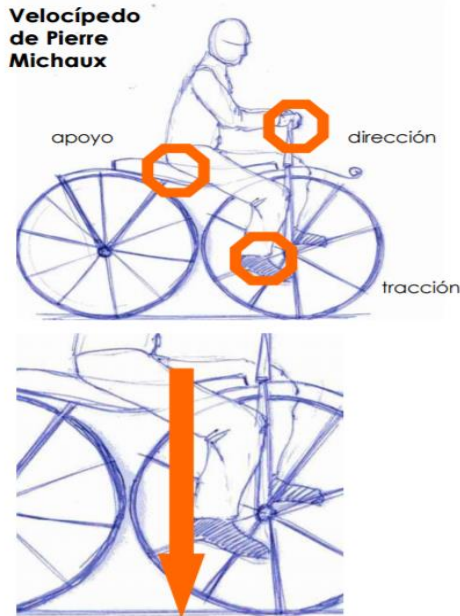
Motivación para elección

- Consideraciones medioambientales
- Modelo de transporte en expansión
- Producto con muchos variantes que a desarrollar

Análisis evolutivo de la bicicleta
Draisina



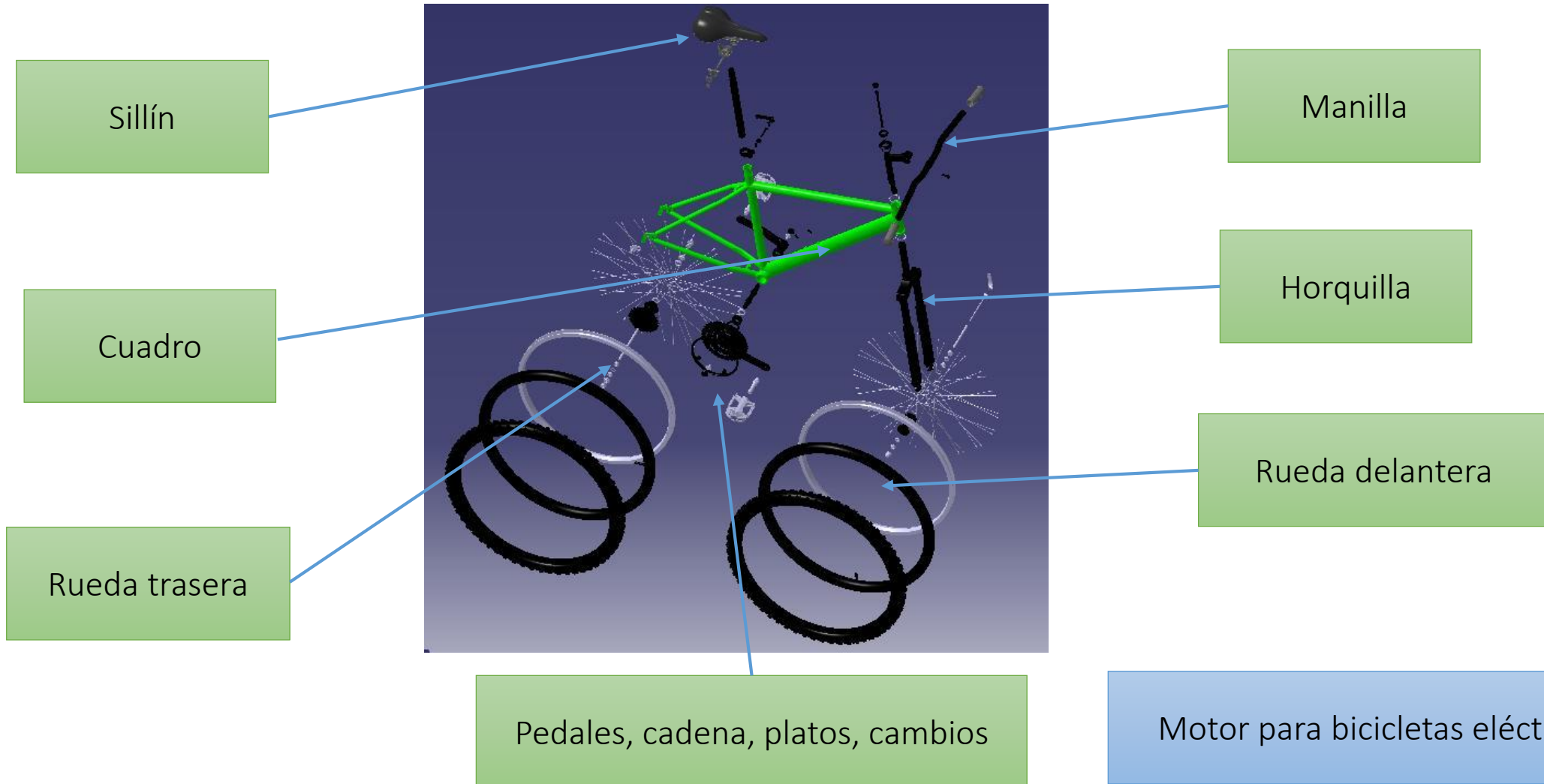
Velocípedo
de Pierre
Michaux



bicicleta urbana
moderna



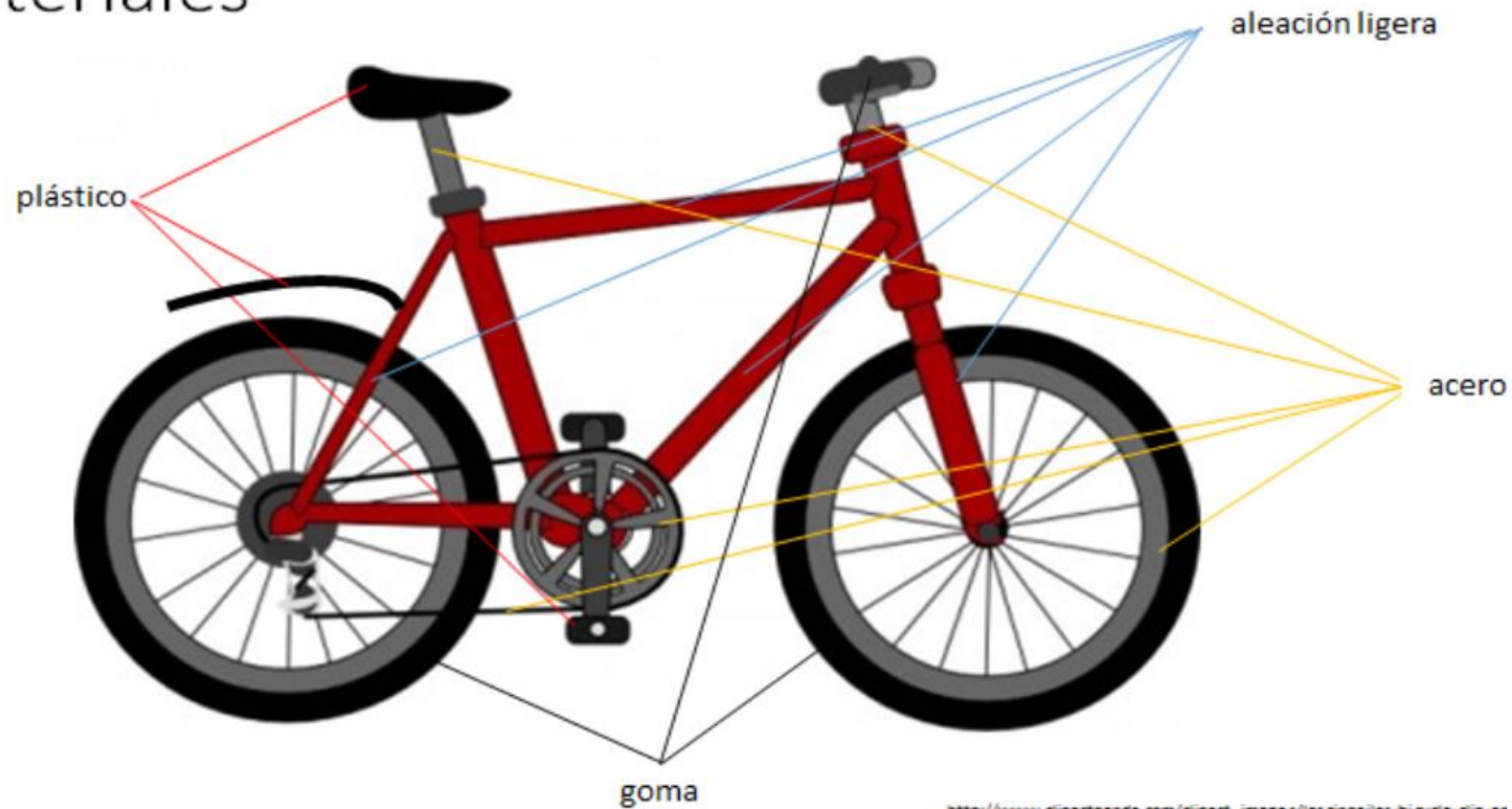
Proceso de producción



Recursos

- Materiales para construir la bicicleta:

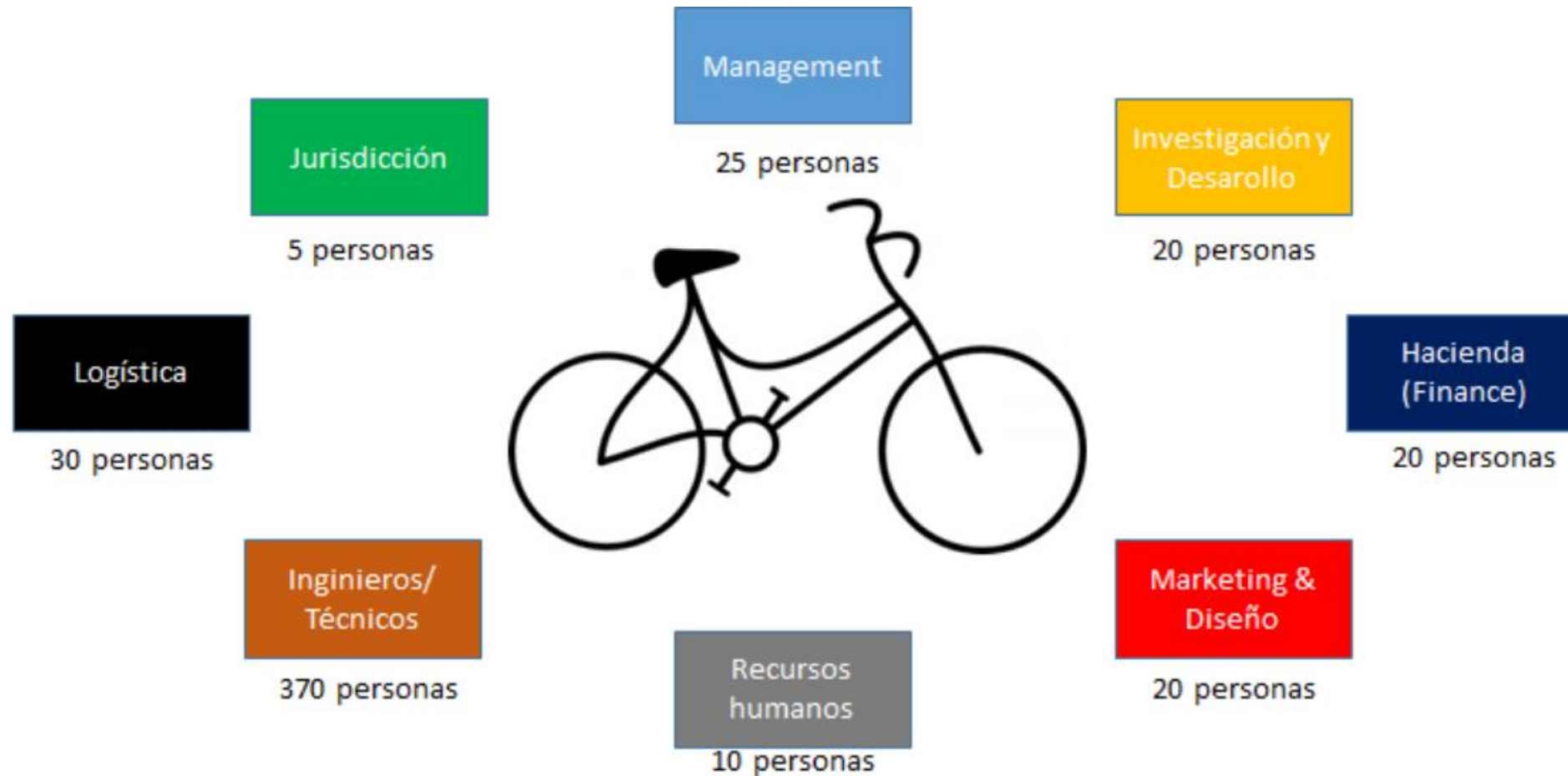
acero



<http://www.clipartsonline.com/clipart-image-stylized-bicycle-clip-art>

Recursos

- Recursos humanos de la planta:



Normas

- Normas de una planta:

ISO 9001 : Sistemas de gestión de la calidad

ISO 14001 Sistemas de gestión medioambiental (Estándares de Gestión Medioambiental en entornos de producción)

OHSAS: gestión de la salud y de la seguridad al trabajo

- Normas relativas a la producción de bicicletas

Tipo de bicicleta	Normas relacionadas
Bicicletas de paseo/ciudad	UNE-EN1476
Bicicletas para los niños jóvenes	UNE-EN14765
Bicicletas todo-terreno	UNE-EN14766
Bicicletas de competición	UNE-EN1478
Bicicletas con asistencia eléctrica	UNE-EN 15194:2009, Directiva 2006/42/CE, Directiva 2004/108/CE, Normativa BATSO

Normas

- Bicicleta con asistencia eléctrica:

Requisitos los más importantes:

- un motor eléctrico auxiliar de potencia nominal continua máxima de 250W
- Paro del motor cuando la velocidad de la bicicleta alcance los 25km/h (antes de 25km/h, una disminución progresiva)
- normas de compatibilidad electromagnética
- ensayado de cada elemento electrónico y de cada bicicleta antes de la venta



Montaje de un 'fixie'

- Un nuevo tipo de bicicleta para nuestra empresa
- Una bicicleta mas simple mas barata
- Una bicicleta mas ligera

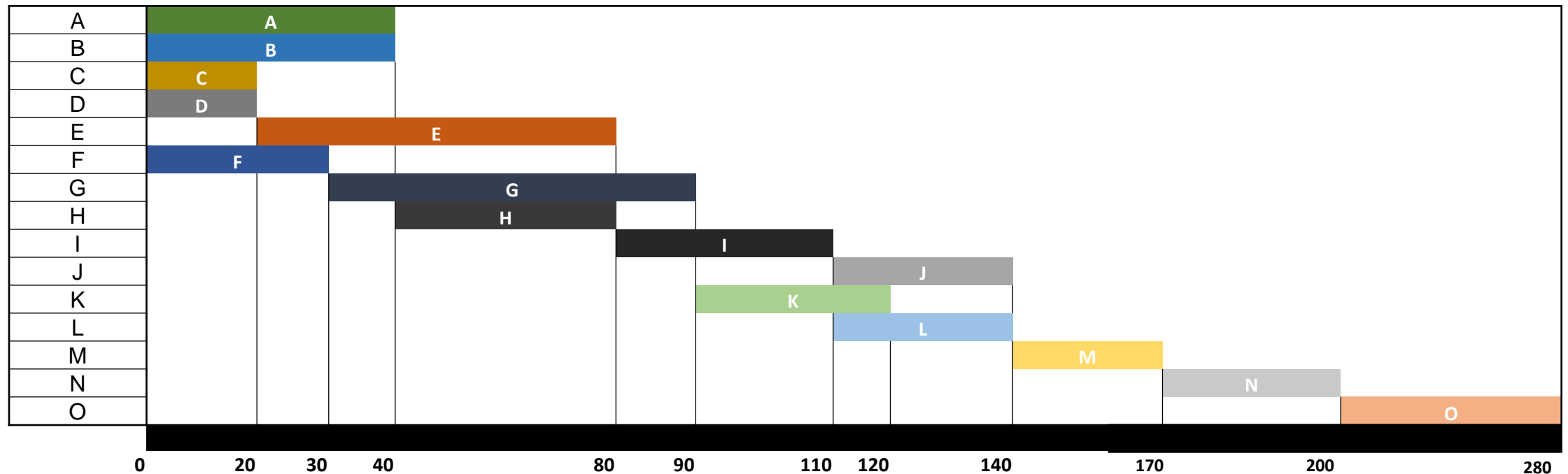


Actividades, precedencias y tiempos (1)

Codigo	ACTIVIDADES	pj (segundos)	Pj
A	Ensamblar el manillar sobre el cuadro	40,0	N/A
B	Emsamblar la horquilla sobre el cuadro	40,0	N/A
C	Comprobación de dureza de los radios	20,0	N/A
D	Comprobación de dureza del caucho	20,0	N/A
E	Ensamblaje de las ruedas delanteras	60,0	C, D
F	Preparación de las bielas para el emsamblaje	30,0	N/A
G	Ensamblaje de las pedales con de las bielas	60,0	F
H	Ensamblaje del sillín	40,0	B
I	Enjsamblaje final del cuadro	30,0	A, H
J	Ensamblaje el plato	30,0	I
K	Ensamblaje los pedales	30,0	G
L	Ensamblaje la rueda trasera sobre el cuadro	30,0	E, I
M	Comprobar la posición de las ruedas sobre la horquilla	30,0	L
N	Poner el piñón	30,0	M
O	Poner la cadena	80,0	J, K, N

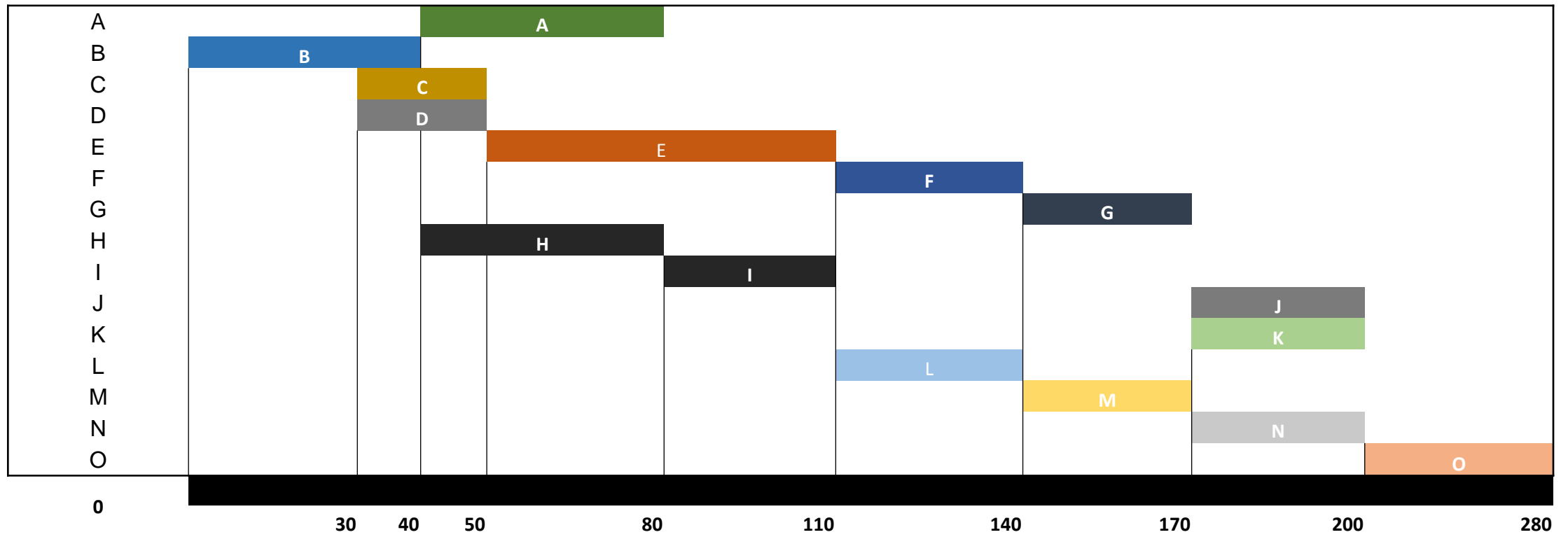
Actividades, preferencias y tiempos (2)

Diagrama de Gantt (Tiempos Mínimos):



Actividades, preferencias y tiempos (2)

Diagrama de Gantt (Tiempos Máximos):

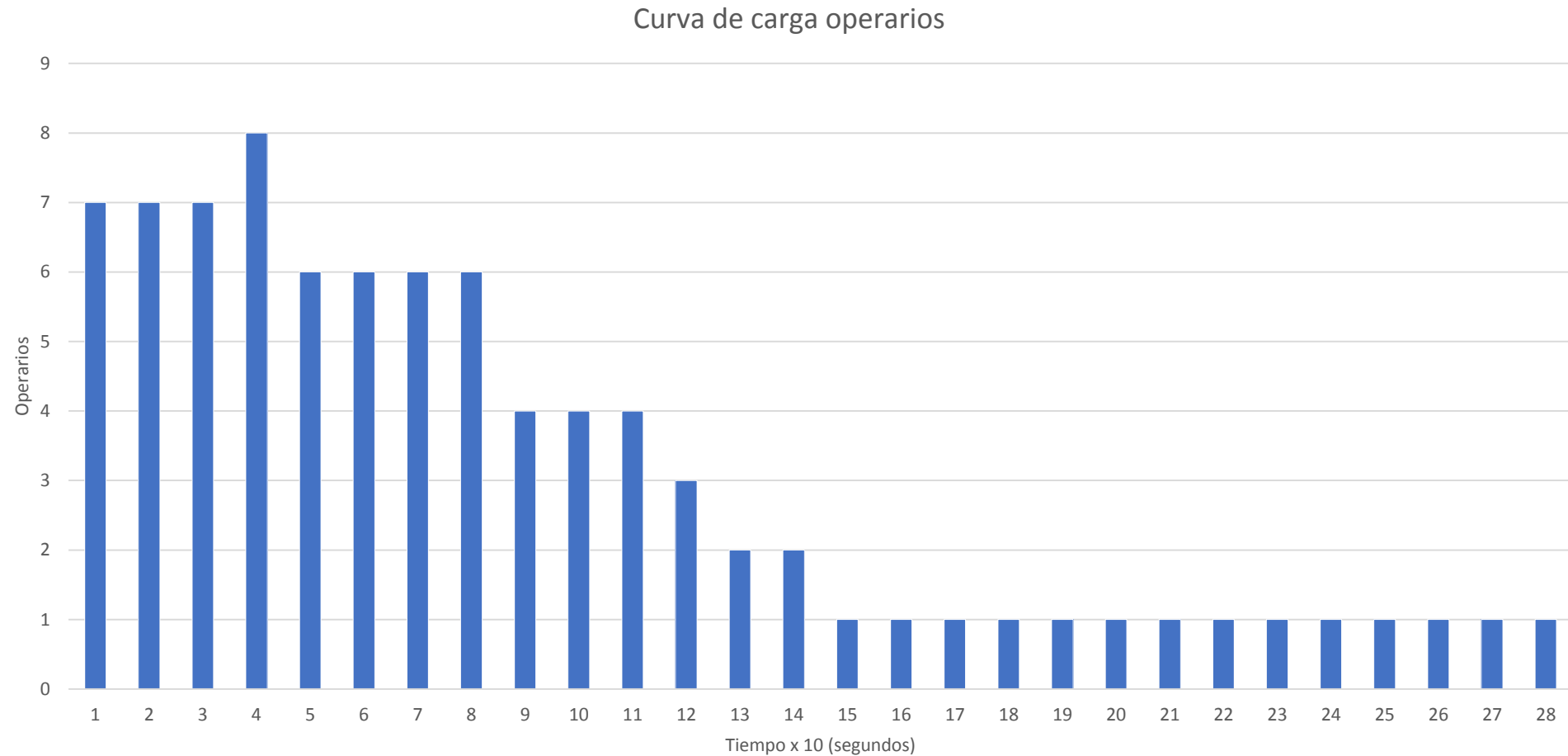


Recursos

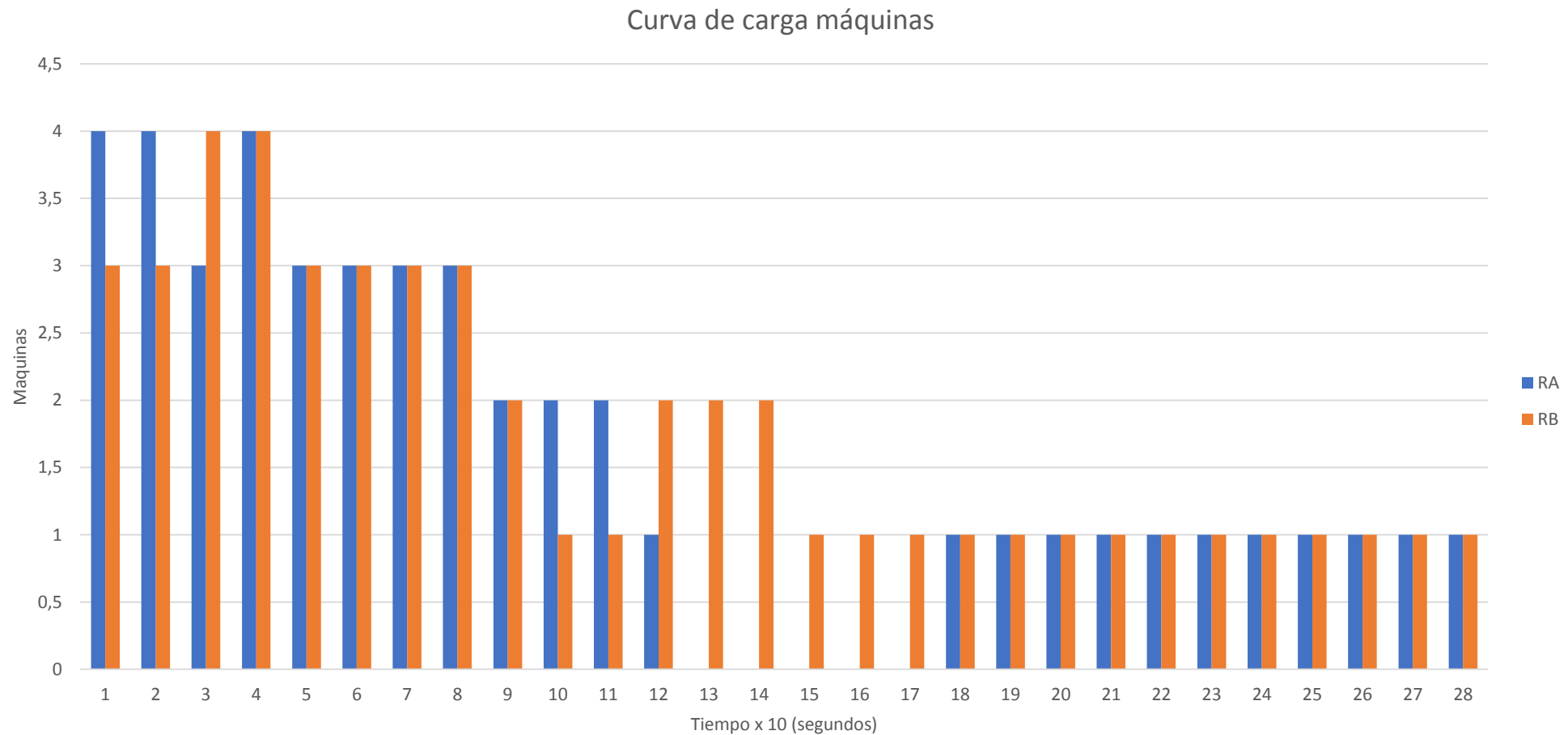
- ☐ Para realizar las actividades, la empresa contará en esta nueva instancia con técnicos, cuya especialización le permite realizar cualquiera de las actividades.
- ☐ Se poseen maquinas de tipo RA, la misma que sirve para ajustar las piezas.
- ☐ Se poseen maquinas de tipo RB, las mismas que nos permiten sostener las piezas con la presión adecuada.

Codigo	ACTIVIDADES	DURACION	OPERADORES	MAQUINAS
A	Ensamblar el manillar sobre el cuadro	40,0	2	RA, RB
B	Emsamblar la horquilla sobre el cuadro	40,0	2	RA, RB
C	Comprobación de dureza de los radios	20,0	1	RA
D	Comprobación de dureza del caucho	20,0	1	RA
E	Ensamblaje de las ruedas delanteras	60,0	2	RA, RB
F	Preparación de las bielas para el emsamblaje	30,0	1	RB
G	Ensamblaje de las pedales con de las bielas	60,0	2	RA, RB
H	Ensamblaje del sillín	40,0	2	RA, RB
I	Enjsamblaje final del cuadro	30,0	2	RA, RB
J	Ensamblaje el plato	30,0	1	RB
K	Ensamblaje los pedales	30,0	2	RA
L	Ensamblaje la rueda trasera sobre el cuadro	30,0	1	RB
M	Comprobar la posición de las ruedas sobre la horquilla	30,0	1	RB
N	Poner el piñón	30,0	1	RA, RB
O	Poner la cadena	80,0	1	RA, RB

Curvas de carga con inicio mínimo (1)



Curvas de carga con inicio mínimo (2)



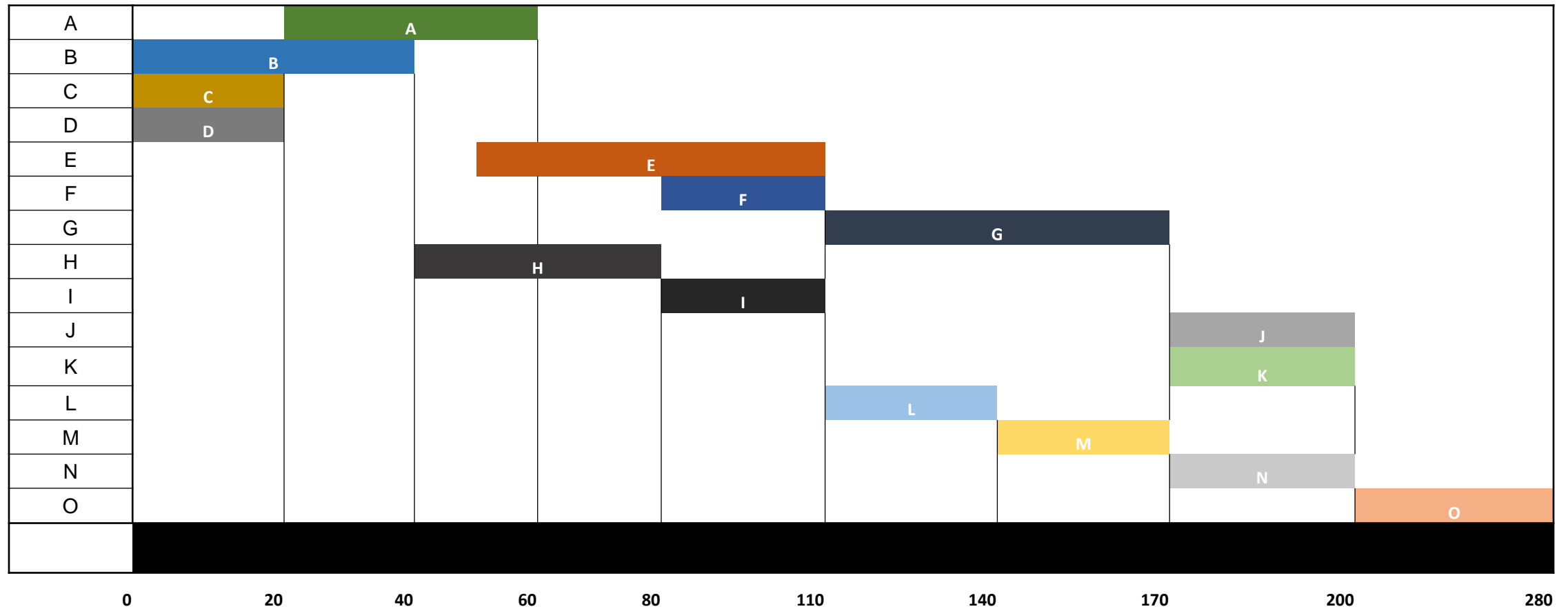
Limitación de recursos (1)

- ☐ Para realizar las actividades, la empresa contará en esta nueva instancia con 6 técnicos, cuya especialización le permite realizar cualquiera de las actividades.
- ☐ Se poseen ahora 3 maquinas de tipo A, la misma que sirve para ajustar las piezas.
- ☐ Se poseen ahora 3 maquinas de tipo B, las mismas que nos permiten sostener las piezas con la presión adecuada.

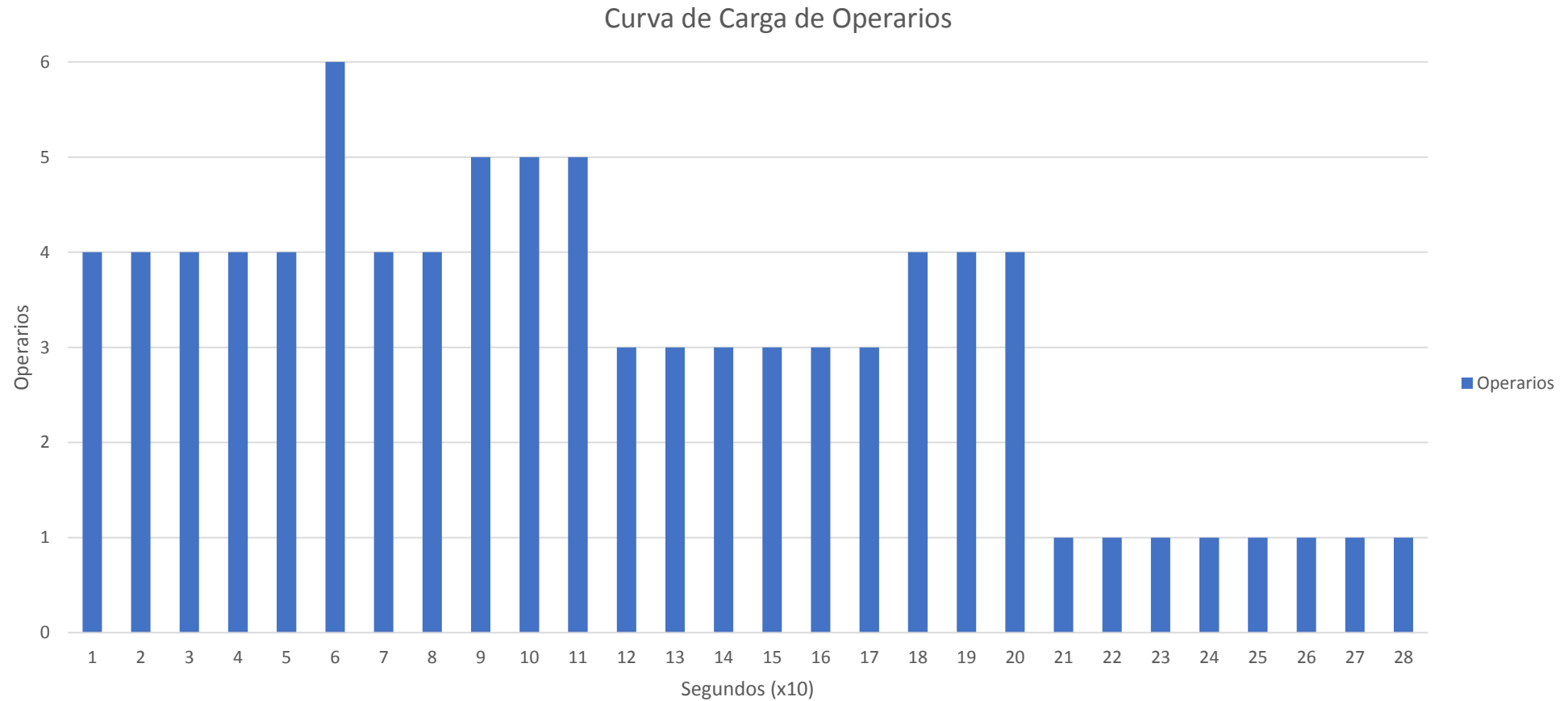
Codigo	ACTIVIDADES	DURACION	OPERADORES	MAQUINAS
A	Ensamblar el manillar sobre el cuadro	40,0	2	RA, RB
B	Emsamblar la horquilla sobre el cuadro	40,0	2	RA, RB
C	Comprobación de dureza de los radios	20,0	1	RA
D	Comprobación de dureza del caucho	20,0	1	RA
E	Ensamblaje de las ruedas delanteras	60,0	2	RA, RB
F	Preparación de las bielas para el emsamblaje	30,0	1	RB
G	Ensamblaje de las pedales con de las bielas	60,0	2	RA, RB
H	Ensamblaje del sillín	40,0	2	RA, RB
I	Enjsamblaje final del cuadro	30,0	2	RA, RB
J	Ensamblaje el plato	30,0	1	RB
K	Ensamblaje los pedales	30,0	2	RA
L	Ensamblaje la rueda trasera sobre el cuadro	30,0	1	RB
M	Comprobar la posición de las ruedas sobre la horquilla	30,0	1	RB
N	Poner el piñón	30,0	1	RA, RB
O	Poner la cadena	80,0	1	RA, RB

Limitación de recursos (2)

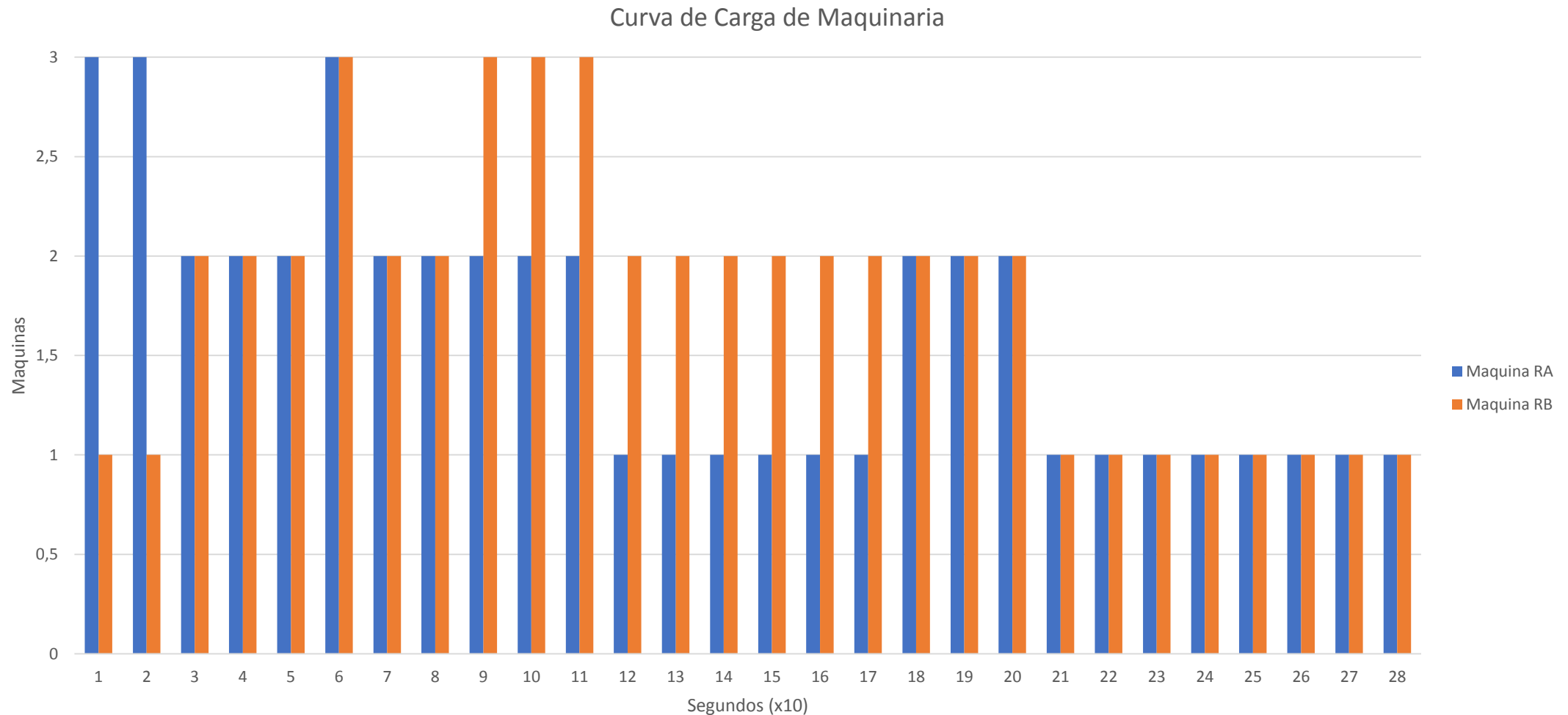
Diagrama de Gantt equilibrado



Curvas de Carga Equilibradas (1)



Curvas de Carga Balanceadas (2)





Calendario de demanda

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
BICICLETA DE CIUDAD	59220	59220	64620	69840	72540	72540	64620	59220	59220	59220	93780	351000	1085040
BICICLETA ELECTRICA	7920	2700	2700	5220	7920	7920	6840	1080	7920	15840	15840	15840	97740
BICICLETA DE COMPETICIÓN	5220	5220	10620	15840	18540	18540	10620	5220	5220	5220	39780	45000	185040
BICICLETA PARA NIÑOS	5220	5220	10620	15840	18540	18540	10620	5220	5220	5220	39780	45000	185040
BICICLETA TODO TERRENO	21240	15840	31680	52920	79380	79380	52920	15840	26460	26460	47520	79380	529020

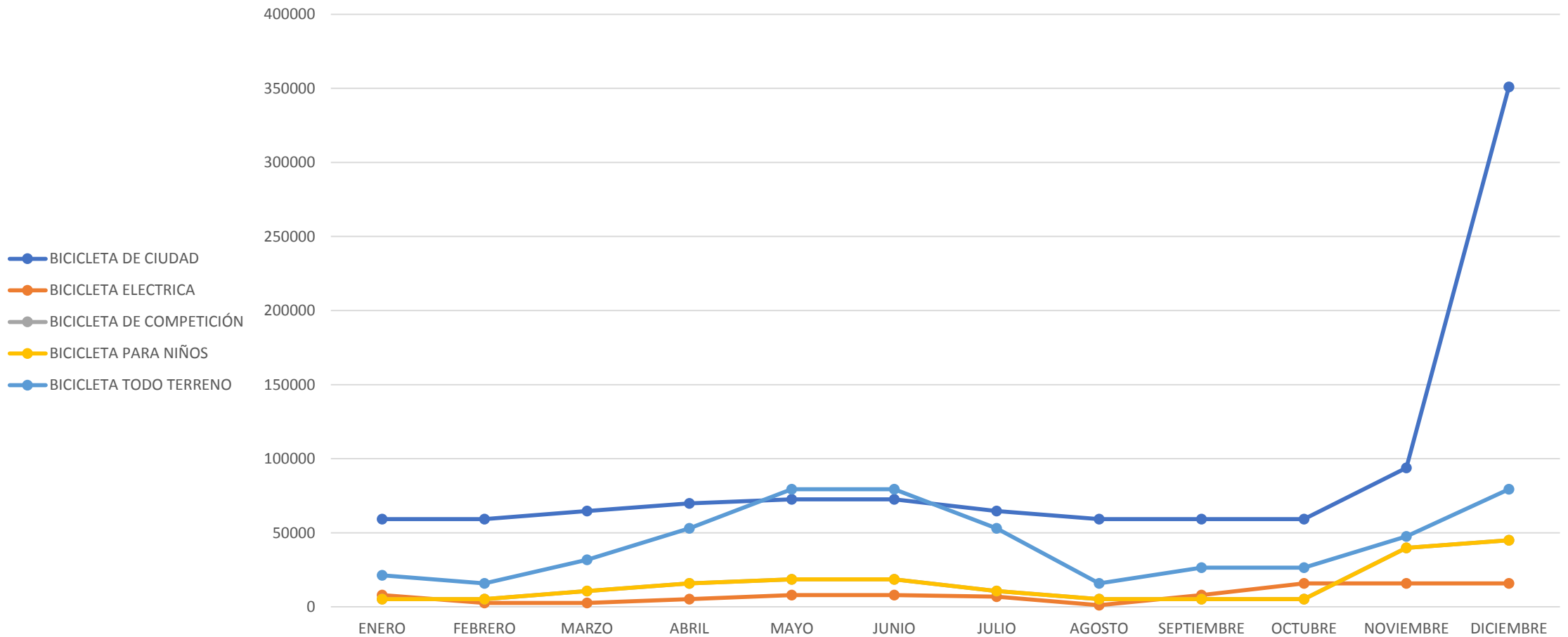
2 tipos de clientes :

Cientes particulares : la mayor parte de la demanda, demanda depende del tiempo

Ciudades : demanda regular mes a mes de bicicletas de Ciudad

Demanda especial de 252 000 bicicletas de Ciudad : Lanzamiento de una nueva ciudad

Distribución de la demanda según el tiempo



4 plantas en 4 países con diferentes líneas

Numero de líneas	Francia	España	Alemania	Polonia	Total
BICICLETA DE CIUDAD	4	1	21	20	46
BICICLETA ELECTRICA	2	1	1	1	5
BICICLETA DE COMPETICIÓN	1	5	2	0	8
BICICLETA PARA NIÑOS	1	1	5	1	8
BICICLETA TODO TERRENO	10	10	10	10	40
Total	18	18	39	32	107

Días Laborables	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
Francia	22	20	23	19	20	21	20	22	21	22	21	20	251
España	21	19	22	18	22	22	21	22	21	21	21	18	248
Alemania	22	20	23	18	21	21	21	23	21	20	22	19	251
Polonia	21	20	23	19	21	21	21	22	21	22	21	19	251

Capacidades de producción

Cap de prod/an	Francia	España	Alemania	Polonia	Total
BICICLETA DE CIUDAD	96384	23808	506016	481920	1108128
BICICLETA ELECTRICA	48192	23808	24096	24096	120192
BICICLETA DE COMPETICIÓN	24096	119040	48192	0	191328
BICICLETA PARA NIÑOS	24096	23808	120480	24096	192480
BICICLETA TODO TERRENO	240960	238080	240960	240960	960960
Total	433728	428544	939744	771072	2573088

Tiempo medio de producción : 5 minutos

Días de 8 horas

Capacidad de producción :

96u/d/línea

24096 u/a/línea (FR,DE,PO)

23808 u/a/línea (ES)

Haciendo del plan de producción

t (mes)		λt	Λt	Demanda t	$I^*(t)$ total	Δdt	ΔDt	$Pt=Dt/\Lambda t$	$pt = dt/\lambda t$
					4000				
1	Francia	22	22	59220	5922	61142	61142	2779	2779
	España	21	21	59220	5922	61142	61142	2912	2912
	Alemania	22	22	59220	5922	61142	61142	2779	2779
	Polonia	21	21	59220	5922	61142	61142	2912	2912
2	Francia	20	42	59220	5922	59220	120362	2866	2961
	España	19	40	59220	5922	59220	120362	3009	3117
	Alemania	20	42	59220	5922	59220	120362	2866	2961
	Polonia	20	41	59220	5922	59220	120362	2936	2961
3	Francia	23	65	64620	6462	65160	185522	2854	2833
	España	22	62	64620	6462	65160	185522	2992	2962
	Alemania	23	65	64620	6462	65160	185522	2854	2833
	Polonia	23	64	64620	6462	65160	185522	2899	2833

...

I^*t : stock de seguridad
 $=0,1 * Demanda(t)$

No ponemos la demanda especial para la nueva ciudad en el stock de seguridad

Tasa constante

Tiempo	País	Pt=Dt/Lt	pt = dt/lt	Cap Max/dia	Rt	Xt	Xt acumulado	I(u)	I+t
					Al>Pol>Fra>Esp				
1	Francia	2779	2779	384	384	8448	8448	38467	32545
	España	2912	2912	96	27	567	567		
	Alemania	2779	2779	2016	2016	44352	44352		
	Polonia	2912	2912	1920	1920	40320	40320		
2	Francia	2866	2961	384	384	7680	16128	66160	60238
	España	3009	3117	96	27	513	1080		
	Alemania	2866	2961	2016	2016	40320	84672		
	Polonia	2936	2961	1920	1920	38400	78720		
3	Francia	2854	2833	384	384	8832	24960	101472	95010
	España	2992	2962	96	26	572	1652		
	Alemania	2854	2833	2016	2016	46368	131040		
	Polonia	2899	2833	1920	1920	44160	122880		
12	Francia	4346	17576	384	384	7680	96384	9911	11
	España	4399	19529	96	27	486	6631		
	Alemania	4346	18501	2016	2016	38304	506016		
	Polonia	4346	18501	1920	1920	36480	481920		

Pt es hacible, pero pt no => JIT imposible

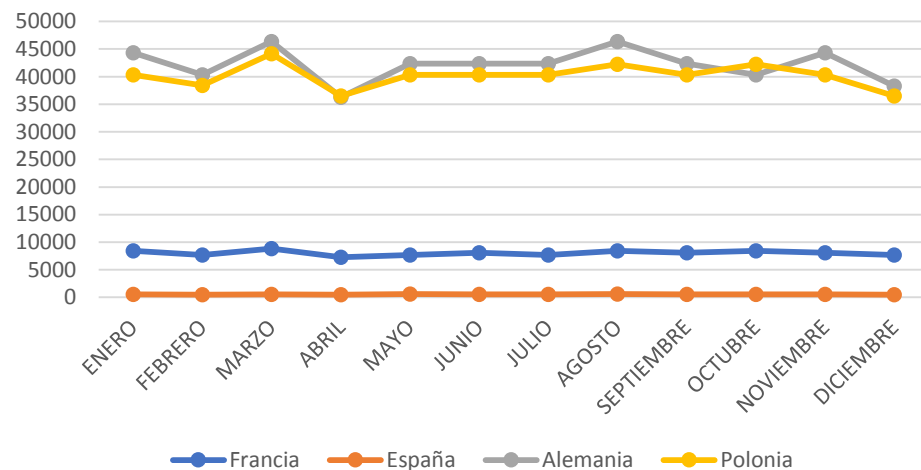
=> Decisión de hacer una Tasa constante para bicicletas de ciudad, eléctricas, de competición, niños

$$I+t = I(u) - I*t$$

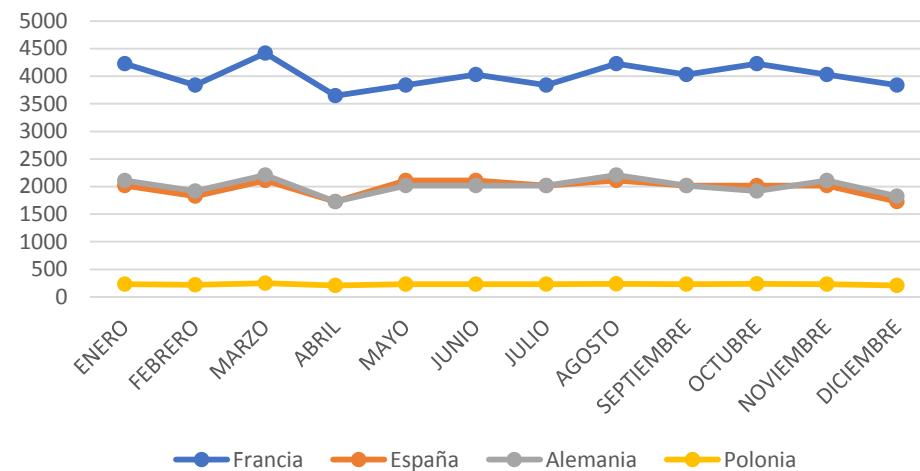
Crece en los primeros meses, y luego disminuye para acabar a 11

Planes de producción

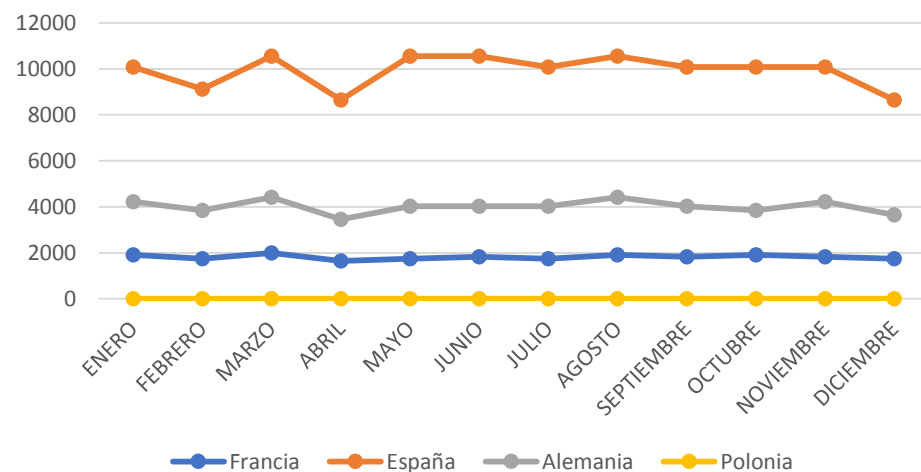
Bicicleta Ciudad



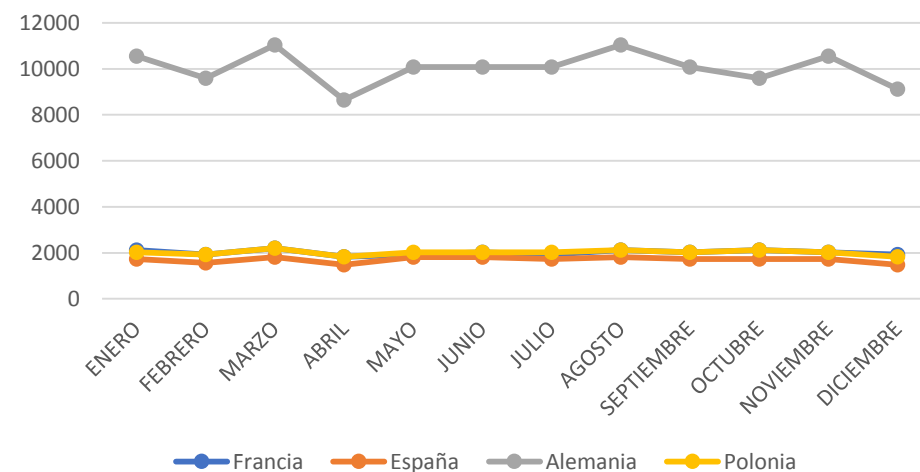
Bicicleta Electrica



Bicicletas Competicion



Bicicletas Niños



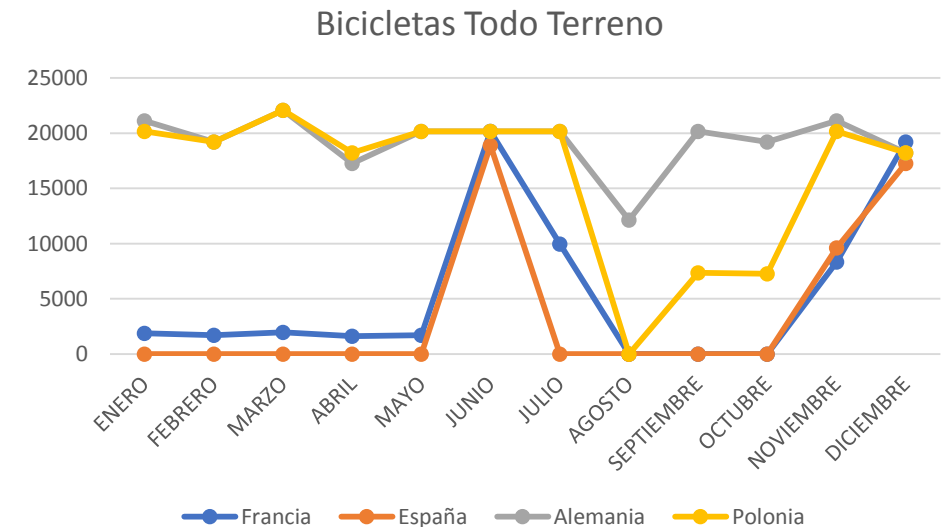
Caso de Todo Terreno

Tiempo	Pais	Rt
		Ale>Pol>Fra>Esp
1	Francia	85
	España	0
	Alemania	960
	Polonia	960
5	Francia	85
	España	0
	Alemania	960
	Polonia	960
6	Francia	960
	España	859
	Alemania	960
	Polonia	960
7	Francia	497
	España	0
	Alemania	960
	Polonia	960
11	Francia	397
	España	458
	Alemania	960
	Polonia	960
12	Francia	960
	España	960
	Alemania	960
	Polonia	960

Tasa constante para
responder a la demanda
de verano

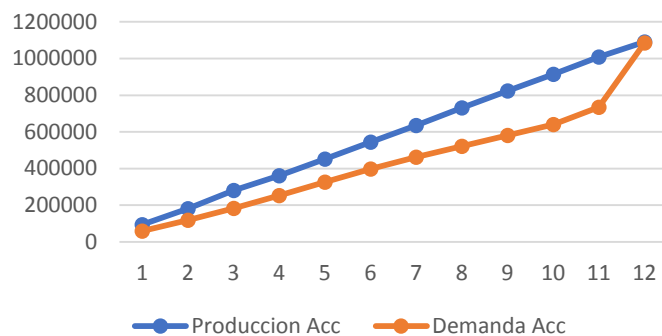
JIT

JIT ajustada para
responder a la demanda
de navidad

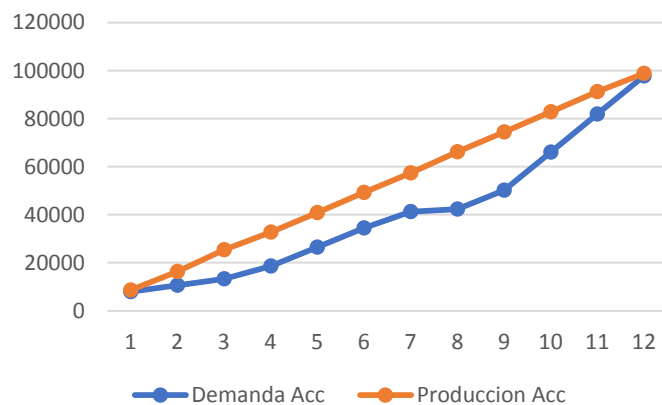


Comparación Demanda-Producción

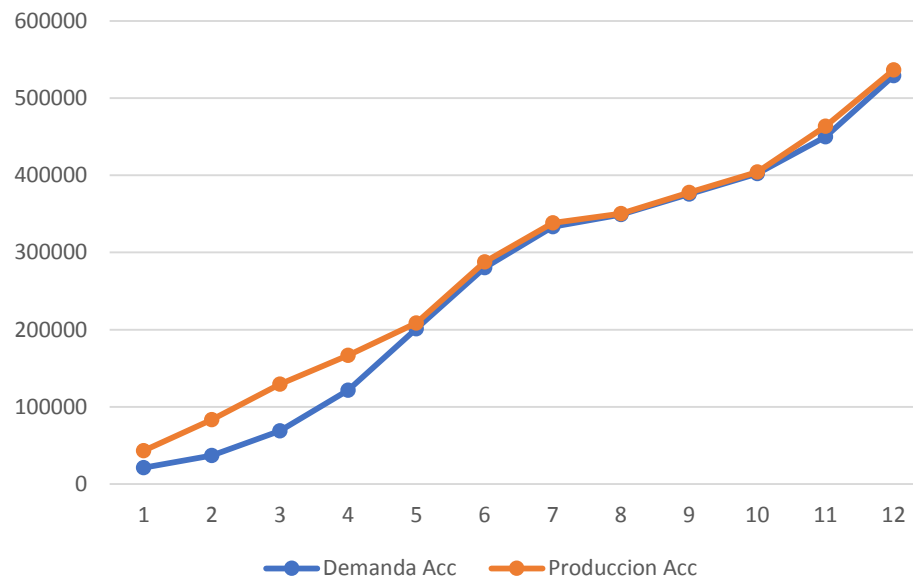
Bicicleta Ciudad



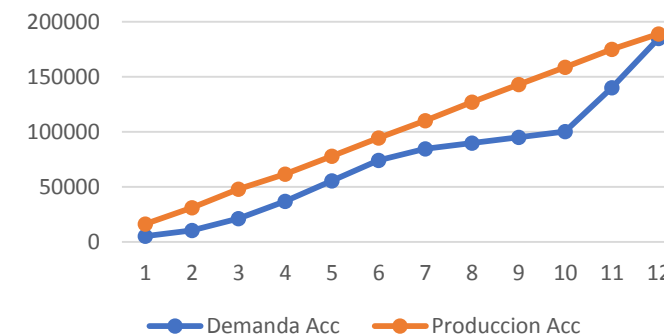
Bicicletas Electricas



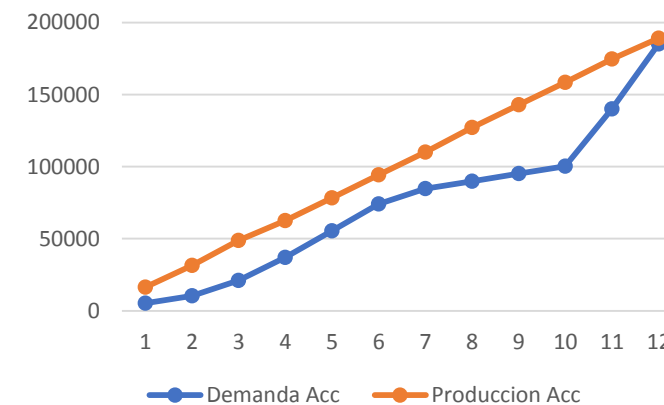
Bicicletas Todo Tereno



Bicicletas Competicion



Bicicletas Niños



TASAS DE PRODUCCIÓN

- BICICLETAS ELECTRICAS

- Constantes
- JIT
- Coste Mínimo

- BICILETLAS DE MONTAÑA

- Constantes
- JIT
- Coste Mínimo

Costes

	Costes de fabri. - líneas 1-4	Costes de fabri. - línea 5	Costes de stock / mes	Costes de demanda diferida/mes	PRECIOS DE VENTA
BICI DE CIUDAD	300	360	40	80	500
BICI ELECTRICA	900	1080	50	100	1500
BICI DE COMPETECIÓN	900	1080	40	80	1500
BICI DE NIÑOS	60	72	20	40	100
BICI TODO TERRENO	420	504	40	80	700

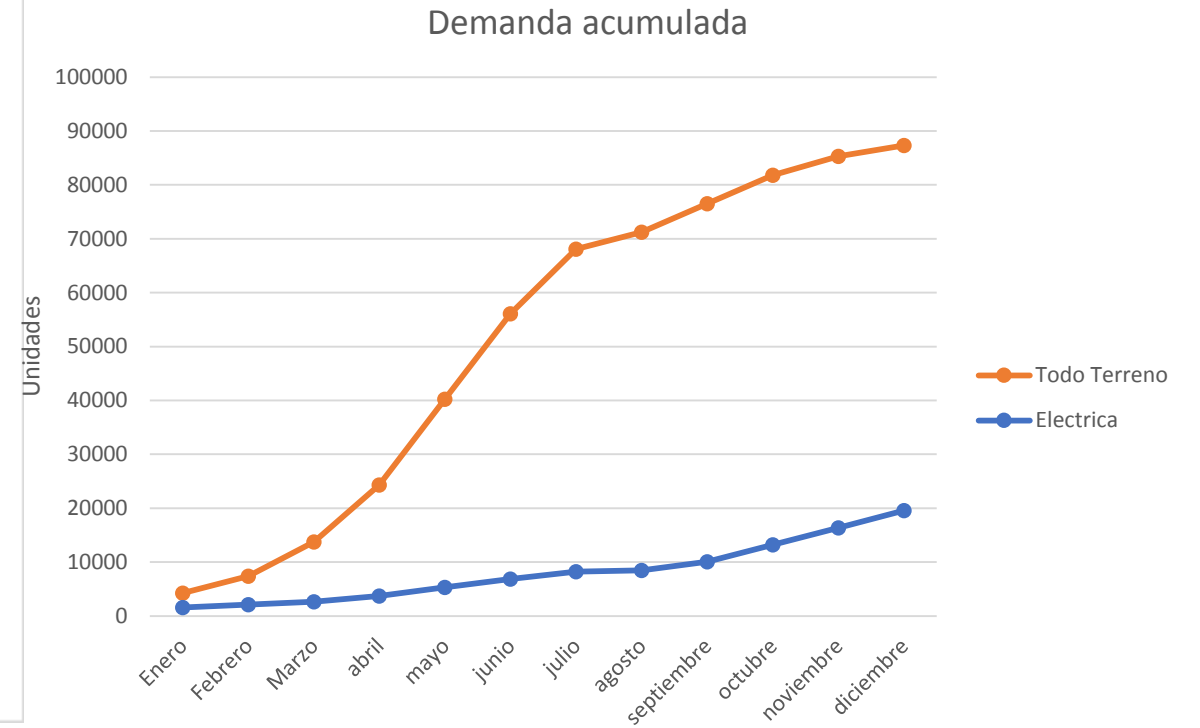
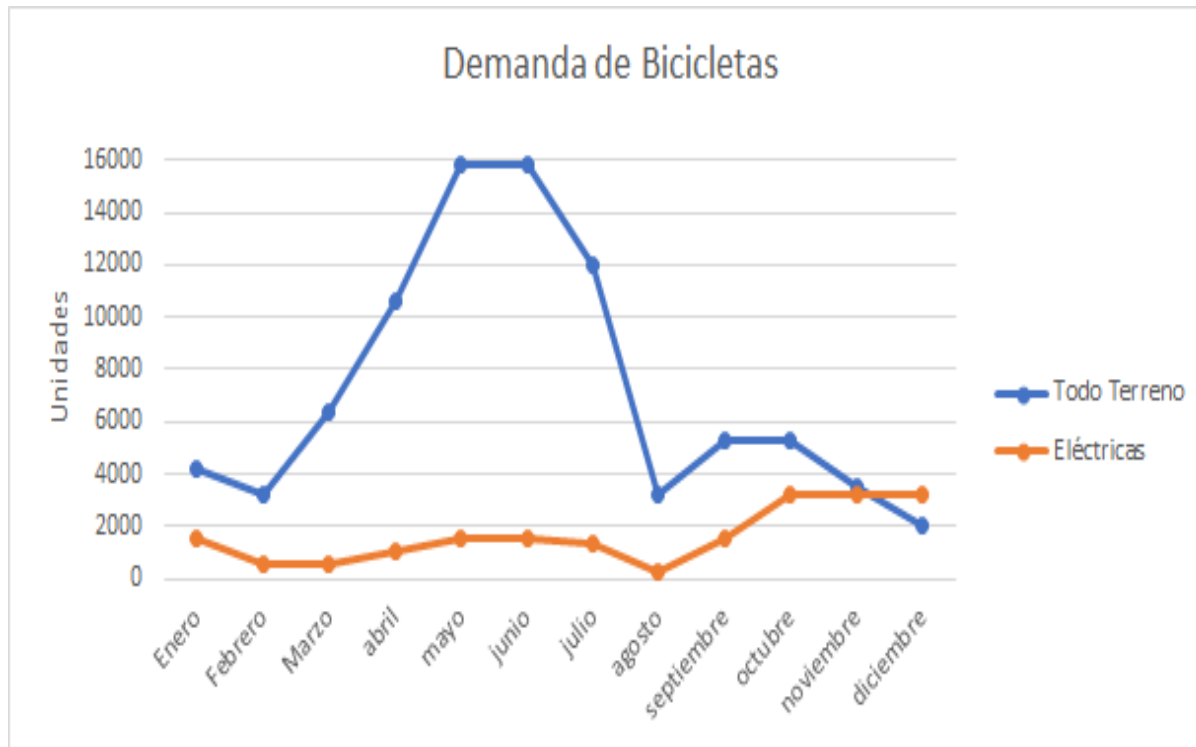
- Costes de fabricación son aproximadamente 60% del precio de venta → margen bruto: 40%
- Costes de fabricación en línea 5 son 1.2 veces de las costes de fabricación en líneas 1-4
- Costes de demanda diferida son 2 veces los costes de stock

Demanda

Meses	Dias Lab.	Dias Acum.	Bici Todo T.	Bici Elec.
Enero	22	22	4248	1584
Febrero	20	42	3168	540
Marzo	23	65	6336	540
abril	19	84	10584	1044
mayo	20	104	15876	1584
junio	21	125	15876	1584
julio	20	145	11984	1368
agosto	22	167	3168	216
septiembre	21	188	5292	1584
octubre	22	210	5292	3168
noviembre	21	231	3504	3168
diciembre	20	251	2002	3168
Suma	251		87330	

- Producción en Francia

Gráficas de la Demanda / Acumulada



Capacidades

Líneas 1 - 4				Extra Línea 5			
Capacidades/día	Capacidades/mes	Capacidades TT	Capacidades Elec.	Capacidades/día	Capacidades/mes	Capacidades BTT	Capacidades Elec.
384	8448	6336	2112	96	2112	1584	528
384	7680	5760	1920	96	1920	1440	480
384	8832	6624	2208	96	2208	1656	552
384	7296	5472	1824	96	1824	1368	456
384	7680	5760	1920	96	1920	1440	480
384	8064	6048	2016	96	2016	1512	504
384	7680	5760	1920	96	1920	1440	480
384	8448	6336	2112	96	2112	1584	528
384	8064	6048	2016	96	2016	1512	504
384	8448	6336	2112	96	2112	1584	528
384	8064	6048	2016	96	2016	1512	504
384	7680	5760	1920	96	1920	1440	480

- Correspondiente a la demanda $\frac{3}{4}$ de las líneas producen bicis todo terrenos y solo $\frac{1}{4}$ producen bicis eléctricas


Stock de seguridad y demanda ajustada

I_t (Bici TT)	I_t (Bici Elec)	Demanda Ajustada Bici TT	Demanda Ajustada Bici Elec.	Demanda Acumulada Bici TT	Demanda Acumulada Bici Elec.
150	150				
425	159	4523	1575	4523	1575
317	54	3060	645	7583	2220
634	54	6653	540	14236	2760
1059	105	11009	993	25245	3753
1588	159	16405	1530	41650	5283
1588	159	15876	1584	57526	6867
1199	137	11595	1390	69121	8257
317	22	2286	331	71407	8588
530	159	5505	1447	76912	10035
530	317	5292	3010	82204	13045
951	317	3925	3168	86129	16213
1588	317	2639	3168	88768	19381

Tasas de producción

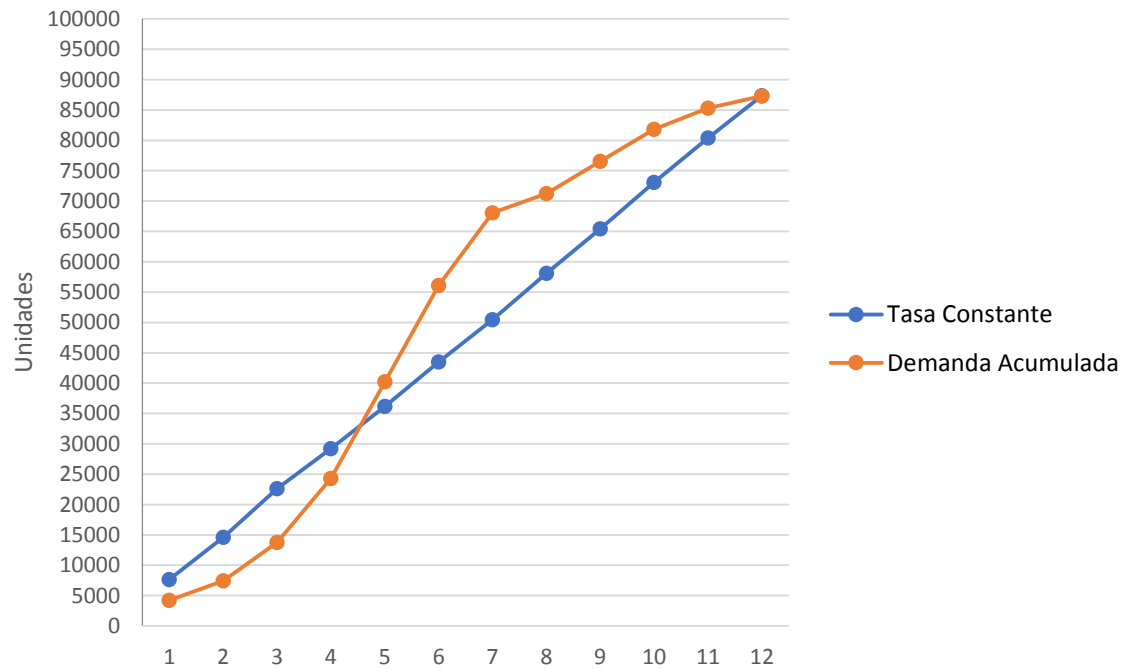
JIT		TASA CONSTANTE	
Tasas BTT	Tasas BEL	Tasa BTT	Tasa BEL
206	72	354	78
153	32	354	78
289	23	354	78
579	52	354	78
820	77	354	78
756	75	354	78
580	70	354	78
104	15	354	78
262	69	354	78
241	137	354	78
187	151	354	78
132	158	354	78

Líneas 1 - 4	Línea 5
CAPACIDADES/ DIA	CAPACIDADES/ DIA
384	96
384	96
384	96
384	96
384	96
384	96
384	96
384	96
384	96
384	96
384	96
384	96

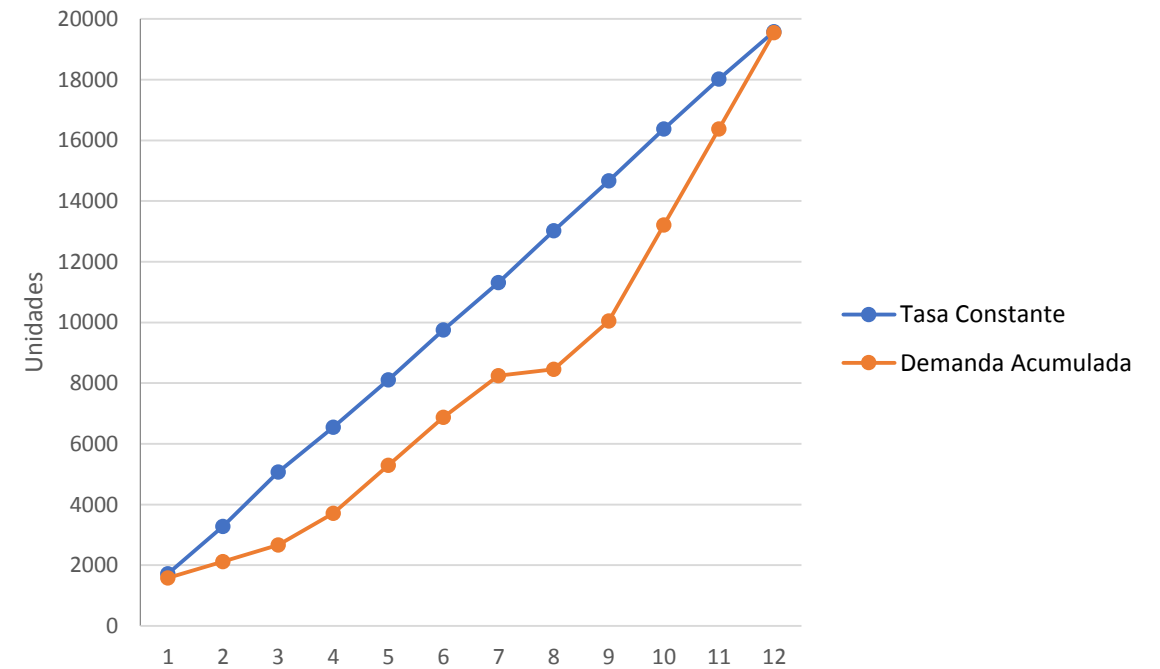
- En verano hacemos faltan más capacidades para satisfacer la demanda.
→ deferida y stock 

Plan 1 – Tasa Constante

Tasa Constante Todo Terreno

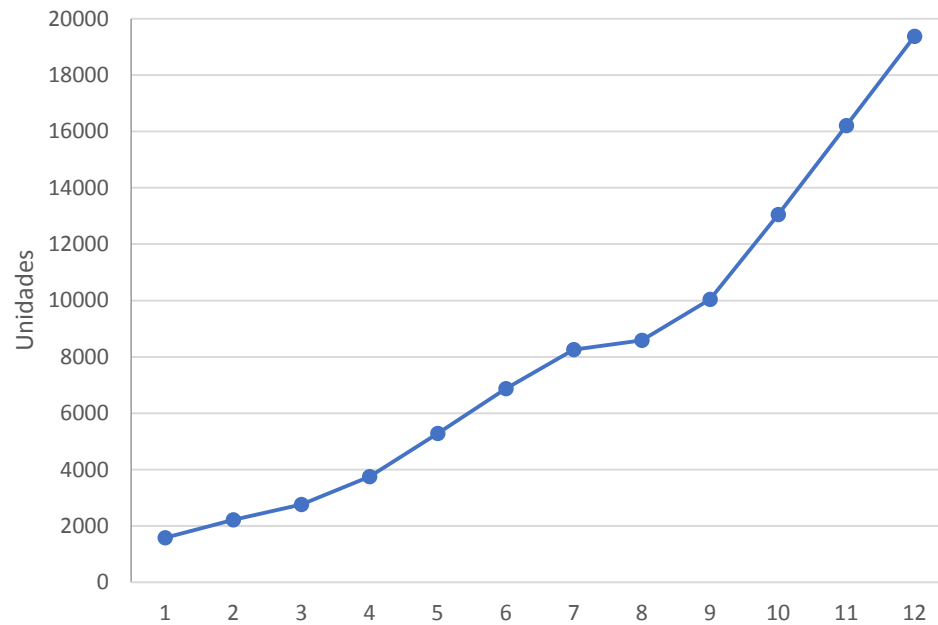


Tasa Constante Electricas

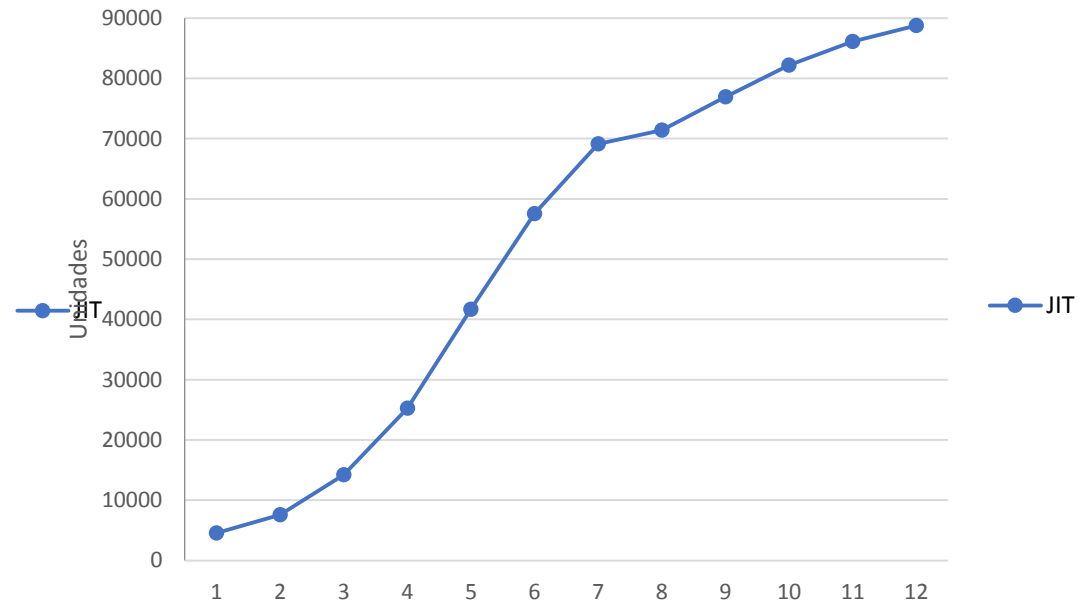


Plan 4 – Just in Time Eléctricas

JIT Electricas



JIT Todo Terreno



Plan 6 – Plan con costes minimos (Bici TT)

	Mes 1		Mes 2		Mes 3		Mes 4		Mes 5		Mes 6		Mes 7		Mes 8		Mes 9		Mes 10		Mes 11		Mes 12	
X(max)	6336	1584	5760	1440	6624	1656	5472	1368	5660	1440	6048	1512	5760	1440	6336	1584	6048	1512	6336	1584	6084	1512	5760	1440
Mes 1	6336	1584	5760	1440	6624	1656	5472	1368	5660	1440	6048	1512	5760	1440	6336	1584	6048	1512	6336	1584	6084	1512	5760	1440
	420	504	500	584	580	664	660	744	740	824	820	904	900	984	980	1064	1060	1144	1140	1224	1220	1304	1300	1384
	4523																							
4523																								
Mes 2	1813	1584	5760	1440	6624	1656	5472	1368	5660	1440	6048	1512	5760	1440	6336	1584	6048	1512	6336	1584	6084	1512	5760	1440
	460	544	420	504	500	584	580	664	660	744	740	824	820	904	900	984	980	1064	1060	1144	1140	1224	1220	1304
			3060																					
3060																								
Mes 3	1813	1584	2700	1440	6624	1656	5472	1368	5660	1440	6048	1512	5760	1440	6336	1584	6048	1512	6336	1584	6084	1512	5760	1440
	500	584	460	544	420	504	500	584	580	664	660	744	740	824	820	904	900	984	980	1064	1060	1144	1140	1224
			29		6624																			
6653																								
Mes 4	1813	1584	2671	1440	0	1656	5472	1368	5660	1440	6048	1512	5760	1440	6336	1584	6048	1512	6336	1584	6084	1512	5760	1440
	540	624	500	584	460	544	420	504	500	584	580	664	660	744	740	824	820	904	900	984	980	1064	1060	1144
			2671				5472	1368	1498															
11009																								
Mes 5	1813	1584	0	1440	0	1656	0	0	4162	1440	6048	1512	5760	1440	6336	1584	6048	1512	6336	1584	6084	1512	5760	1440
	580	664	540	624	500	584	460	544	420	504	500	584	580	664	660	744	740	824	820	904	900	984	980	1064
	1813								4162	1440	6048		2942											
16405																								
Mes 6	0	1584	0	1440	0	1656	0	0	0	0	0	1512	2818	1440	6336	1584	6048	1512	6336	1584	6084	1512	5760	1440
	620	704	580	664	540	624	500	584	460	544	420	504	500	584	580	664	660	744	740	824	820	904	900	910
						1656						1512	2818	1440	6336		2114							
15876																								
Mes 7	0	1584	0	1440	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1584	3934	1512	6336	1584	6084	1512	5760	1440
	660	744	620	704	580	664	540	624	500	584	460	544	420	504	500	584	580	664	660	744	740	824	820	904
																1584	3934		6077					

Plan 6 – Plan con costes mínimos (Bici TT)

	Turno 1	Turno 2	Suma
Mes 1	6336	56	6392
Mes 2	5760	1440	7200
Mes 3	6624	1656	8280
Mes 4	5472	1368	6840
Mes 5	5660	1440	7100
Mes 6	6048	1512	7560
Mes 7	5760	1440	7200
Mes 8	6336	1584	7920
Mes 9	6048	1512	7560
Mes 10	6336	1584	7920
Mes 11	6084	1512	7596
Mes 12	5760	1143	6903
Suma	72224	16247	88471

Costes : **47075336**

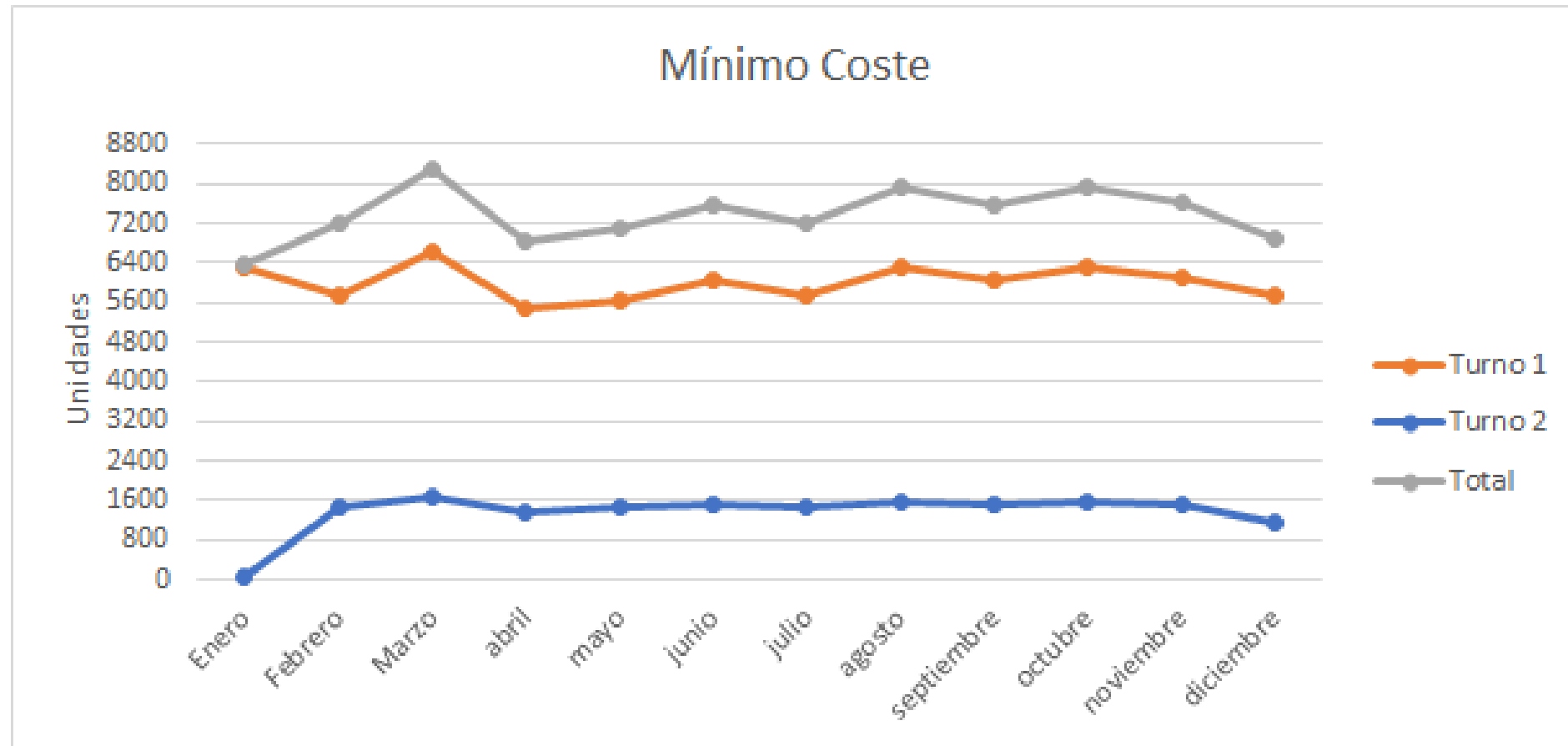
Volumen de ventas: **61131000**

14055664

Beneficio:

- Un aumento de las capacidades (una línea más) puede reducir los costes considerablemente

Plan 7 – Costes Mínimos





Productos fabricados

Producción de 2 tipos de bicicletas:

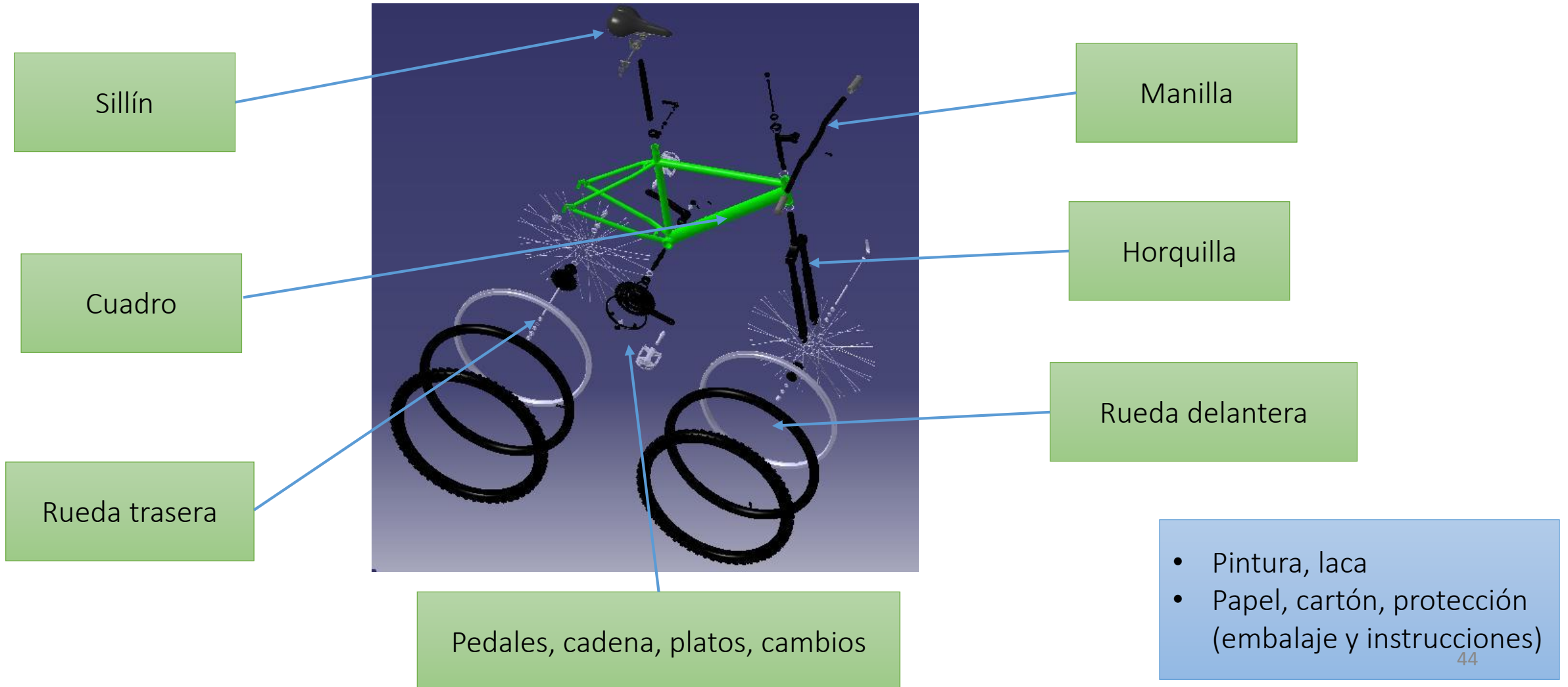
Bicicleta eléctrica



Bicicleta todo terreno



Lista de materiales - bicicleta todo terreno (nivel 1)



Caso especial de las bicicleta eléctrica

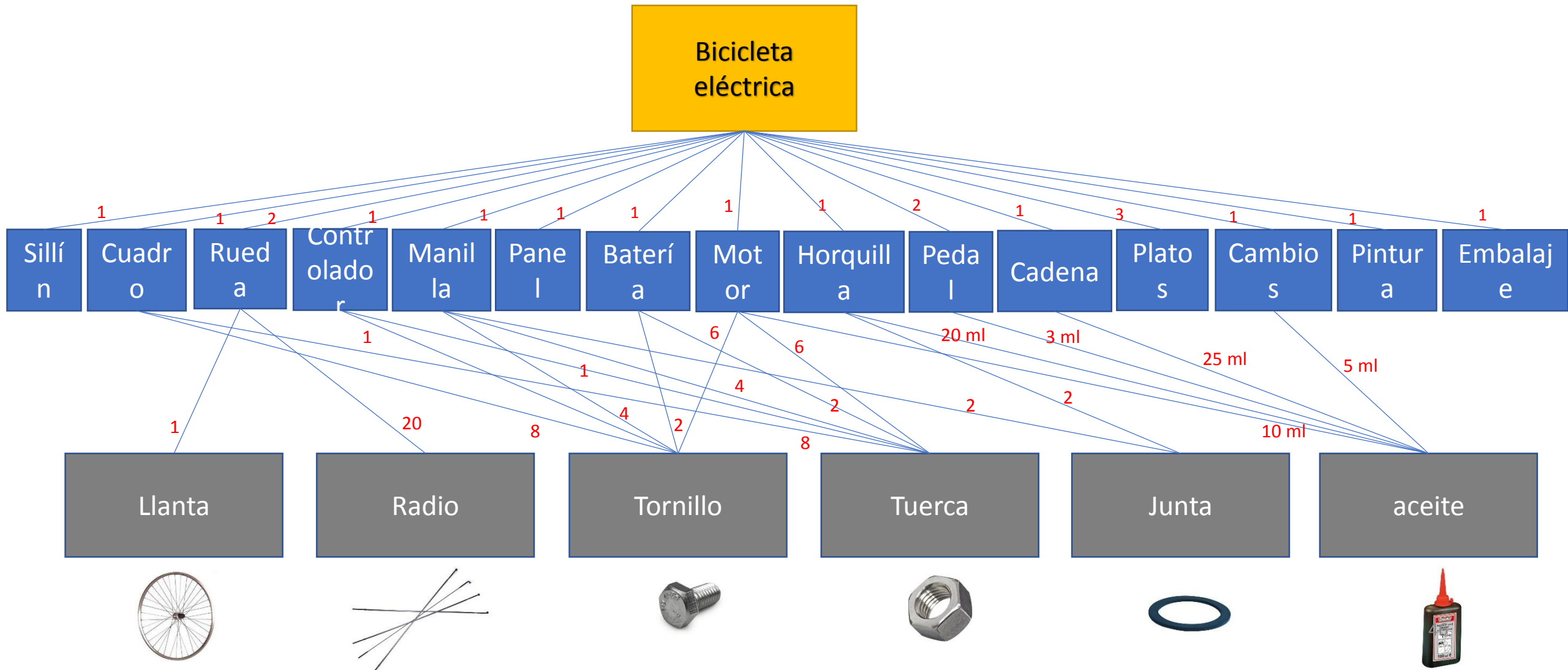
Se deben añadir los componentes siguientes:

- > Batería de litio-ion
- > Panel de control
- > Controlador
- > Motor



Lotificación de 1 producto (productos caros y especiales)

Materiales necesarios para la bicicleta eléctrica



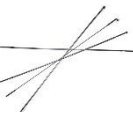
Lotificación materiales – bicicleta eléctrica (nivel 1)

Material	Lotificación	Stock inicial en lote	Plazo (semanas)
Sillín	5	78	2
Cuadro	20	20	3
Rueda	15	26	1
Manilla	50	8	2
Horquilla	50	8	2
Pedal	10	78	1
Cadena	20	20	0
Platos	50	8	1
Cambios	50	8	3
Pintura	20L	10	2
Pack embalaje	200	2	0
Batería de litio-ion	1	390	2
Panel de control	1	390	4
Controlador	1	390	3
Motor	1	390	4

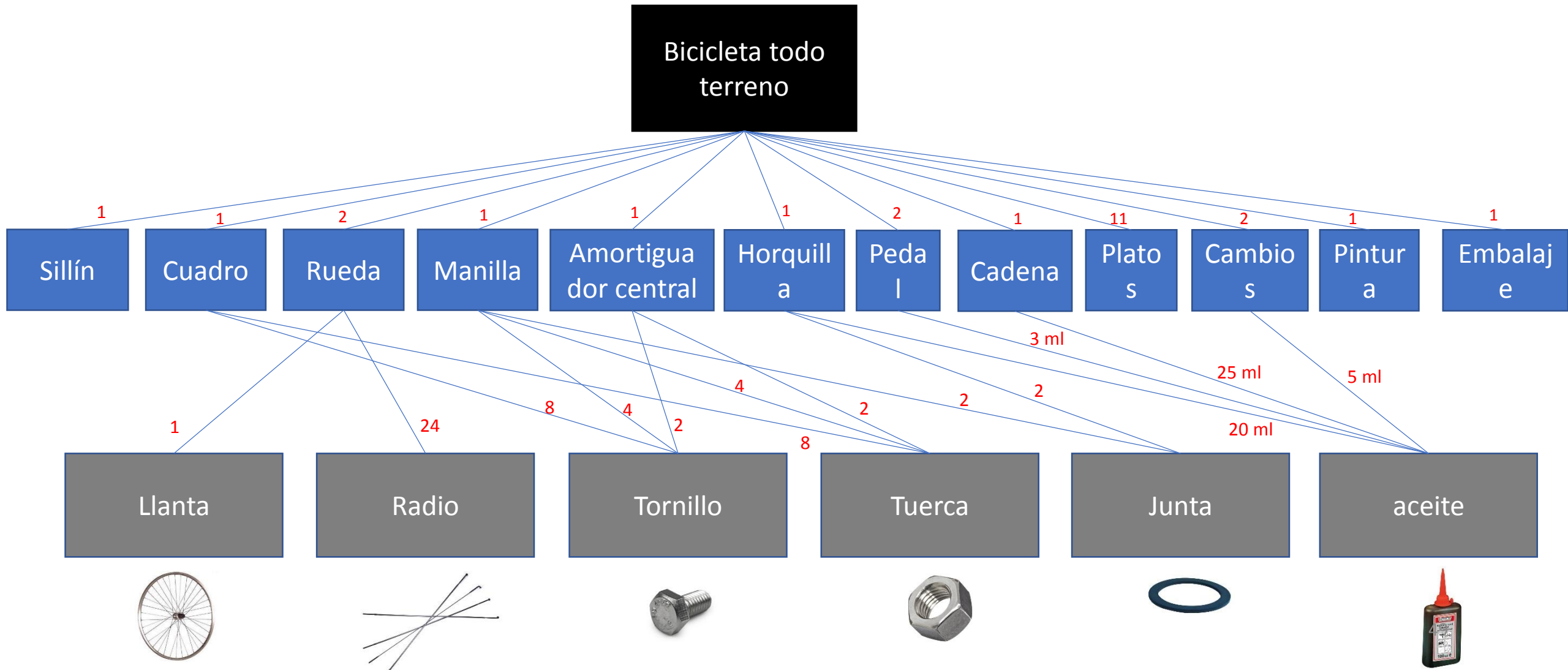
Stock inicial: 1 semana de producción -> para producir 390 bicicletas (lote de 1 bici)

Lotificación materiales (nivel 2)

Material	Lotificación	Stock inicial en lote	Plazos (de transporte)
Llanta	20	100	1
Radio	200	4000	1
Tornillo	500	10000	0
Tuerca	500	10000	0
Junta	100	500	1
Aceite	10*100ml	30*100ml	0



Materiales necesarios para la bicicleta todo terreno



Lotificación materiales – bicicleta todo terreno (nivel 1)

Material	Lotificación	Stock inicial en lote	Plazo (semanas)
Sillín	5	354	2
Cuadro	20	89	3
Rueda	15	118	1
Manilla	50	36	2
Horquilla	50	36	2
Amortiguador central	50	36	3
Pedal	10	177	1
Cadena	20	89	0
Platos	50	36	1
Cambios	50	36	3
Pintura	20L	45L	2
Pack embalaje	200	9	0

Stock inicial: 1 semana de producción -> para producir 1770 bicicletas (lote de 1 bici)

Lotificación materiales (nivel 2)

Material	Lotificación	Stock inicial (piezas)	Plazo
Llanta	20	100	1
Radio	200	4000	1
Tornillo	500	947300	0
Tuerca	500	10000	0
Junta	100	500	1
Aceite	10*100ml	30*100ml	0



Ordenes Nivel 0

Semana	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Necesidades Brutas		425	425	425	425	425	425	425	425	425	425	425	425
Existencias Almacen	0												
Existencia Prevista													
Necesidades Netas		425	425	425	425	425	425	425	425	425	425	425	425
Ordenes plan de recepcion		425	425	425	425	425	425	425	425	425	425	425	425
Ordenes plan de emision		425	425	425	425	425	425	425	425	425	425	425	425

Las Bicicletas se producen inmediatamente y sin almacenamiento inicial

Ordenes Nivel 1 - Sillin

Tenemos que tener 1 sillín por bicicleta.

Hay 2 semanas entre el orden de emisión y la recepción de la sillín.

Tenemos un stock inicial de 354 lotes de 5 sillín.

Semana	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Necesidades Brutas		425	425	425	425	425	425	425	425	425	425	425	425
Existencias Almacen	1770												
Existencia Prevista		1345	920	495	70	0							
Necesidades Netas						355	425	425	425	425	425	425	425
Ordenes plan de recepcion						355	425	425	425	425	425	425	425
Ordenes plan de emision				355	425	425	425	425	425	425	425		

Ordenes Nivel 1 - Cuadro

Necesitamos 1 cuadro por bicicleta.

Hay 3 semanas entre el orden de emisión y la recepción de la cuadro.

Tenemos un stock inicial de 89 lotes de 20 cuadros.

Semana	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Necesidades Brutas		425	425	425	425	425	425	425	425	425	425	425	425
Existencias Alamacen	1780												
Existencia Prevista		1355	930	505	80	15	10	5	0	15	10	25	0
Necesidades Netas						345	410	415	420	425	410	415	400
Ordenes plan de recepcion						360	420	420	420	440	420	440	400
Ordenes plan de emision			360	420	420	420	440	420	440	400			

Ordenes Nivel 1 - Platos

Necesitamos 11 platos por bicicleta.

Hay 1 semana entre la orden de emisión y la recepción de los platos.

Tenemos un stock inicial de 36 lotes de 50 platos.

Para asegurar la producción, un pedido anterior de 3600 unidades fue hecho antes.

Semana	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Necesidades Brutas		4675	4675	4675	4675	4675	4675	4675	4675	4675	4675	4675	4675
Existencias Almacen	1800												
Pediente Recibir		3600											
Existencia Prevista		725	0	25	0	25	0	25	0	25	0	25	
Necesidades Netas			3950	4675	4650	4675	4650	4675	4650	4675	4650	4675	4650
Ordenes plan de recepcion			3950	4700	4650	4700	4650	4700	4650	4700	4650	4700	4650
Ordenes plan de emision		3950	4700	4650	4700	4650	4700	4650	4700	4650	4700	4650	

Ordenes de Nivel 1 - Resumen

Semana	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sillín				355	425	425	425	425	425	425	425		
Cuadro			360	420	420	420	440	420	440	400			
Rueda		135	945	960	945	945	960	945	945	960	945	945	
Manilla				350	400	450	400	450	400	450	400		
Horquilla				350	400	450	400	450	400	450	400		
Amortiguador central			350	400	450	400	450	400	450	400			
Pedal		130	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	
Cadena						360	420	420	420	440	420	420	420
Platos		3950	4700	4650	4700	4650	4700	4650	4700	4650	4700	4650	
Cambios		200	950	950	950	950	950	950	950	950			
Pintura		380	420	440	420	420	420	440	420	420	420		
Pack embalaje						400	400	400	400	500	400	400	400

Calculo de las necesidades brutas del nivel 2

Los necesidades del nivel 2 dependen de las ordenes del nivel 1 : se tiene que tener todos las recursos del nivel 2 disponible la semana de lanzamiento del producto del nivel 1

Necesidades Brutas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Llanta		135	945	960	945	945	960	945	945	960	945	945	
Radio		3240	22680	23040	22680	22680	23040	22680	22680	23040	22680	22680	0
Tornillo		0	3580	5560	5860	5960	6020	5960	6020	5800	1600	0	0
Tuerca		0	3580	5560	5860	5960	6020	5960	6020	5800	1600	0	0
Junta		0	0	700	800	900	800	900	800	900	800	0	0
Aceite (mL)		1390	7600	14600	15600	25600	26100	27100	26100	27600	21350	13350	10500

Ordenes Nivel 2 - Radios

Semana	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Necesidades Brutas		3240	22680	23040	22680	22680	23040	22680	22680	23040	22680	22680	?
Existencias Almacen	4000												
Existencia Prevista		760	80	40	160	80	40	160	180	140	60	180	?
Necesidades Netas			21920	22960	22640	22520	22960	22640	22420	22860	22540	22620	?
Ordenes plan de recepcion			22000	23000	22800	22600	23000	22800	22600	23000	22600	22800	?
Ordenes plan de emision		22000	23000	22800	22600	23000	22800	22600	23000	22600	22800		?

Ordenes Nivel 2 - Tuercas

Semana	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Necesidades Brutas		0	3580	5560	5860	5960	6020	5960	6020	5800	1600	?	?
Existencias Almacen	10000												
Existencia Prevista		10000	6420	860	0	40	20	60	40	240	140	?	?
Necesidades Netas					5000	5960	5980	5940	5960	5760	1360	?	?
Ordenes plan de recepcion					5000	6000	6000	6000	6000	6000	1500	?	?
Ordenes plan de emision					5000	6000	6000	6000	6000	6000	1500	?	?

Ordenes Nivel 2 - Juntas

Semana	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Necesidades Brutas		0	0	700	800	900	800	900	800	900	800	?	?
Existencias Almacen	500												
Existencia Prevista		500	500		0	0	0	0	0	0	0	?	?
Necesidades Netas				200	800	900	800	900	800	900	800	?	?
Ordenes plan de recepcion				200	800	900	800	900	800	900	800	?	?
Ordenes plan de emision			200	800	900	800	900	800	900	800	?	?	?

Ordenes de Nivel 2 - Resumen

No hay ordenes para Tornillos porque tenemos un stock inicial muy importante de 1.000.000 tornillos.

Semana	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Llanta			40	960	940	960	940	940	960	960	940	?	?
Radio		22000	23000	22800	22600	23000	22800	22600	23000	22600	22800	?	?
Tornillo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tuerca					5000	6000	6000	6000	6000	6000	1500	?	?
Junta			200	800	900	800	900	800	900	800	?	?	?
Aceite (mL)			6000	14600	15600	25600	26100	27100	26100	27600	21400	13300	10500



MRP vs. Gestión de Stocks

Objetivos:

MRP	Gestión de stocks
Establecimiento de un plan de producción para cada material que forma parte del producto final	Encontrar el tamaño de lote optimo
Satisfacer la demanda del producto just in time	Minimizar el coste de gestión

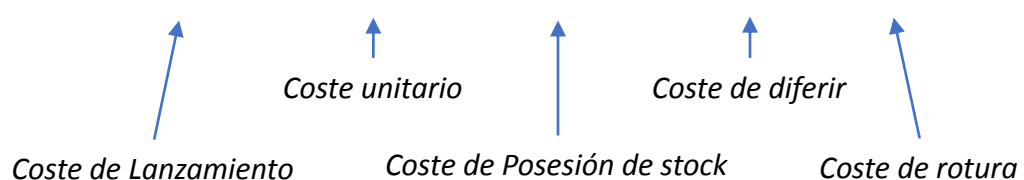
Herramientas:

MRP	Gestión de stocks
Cálculos de matrices para obtener las necesidades netas	Formular la ecuación de costes (en su caso con restricciones)
Algoritmo para obtener los órdenes plan emisión	Minimizar la ecuación a través de cálculo diferencial (en su caso con Lagrange) satisfaciendo la demanda

Gestión de Stocks

Ecuación de coste:

$$C(Q) = CA(Q) + Cu(Q) + Ch(Q) + Cb(Q) + Cr(Q) \quad \left[\frac{um}{ut} \right]$$



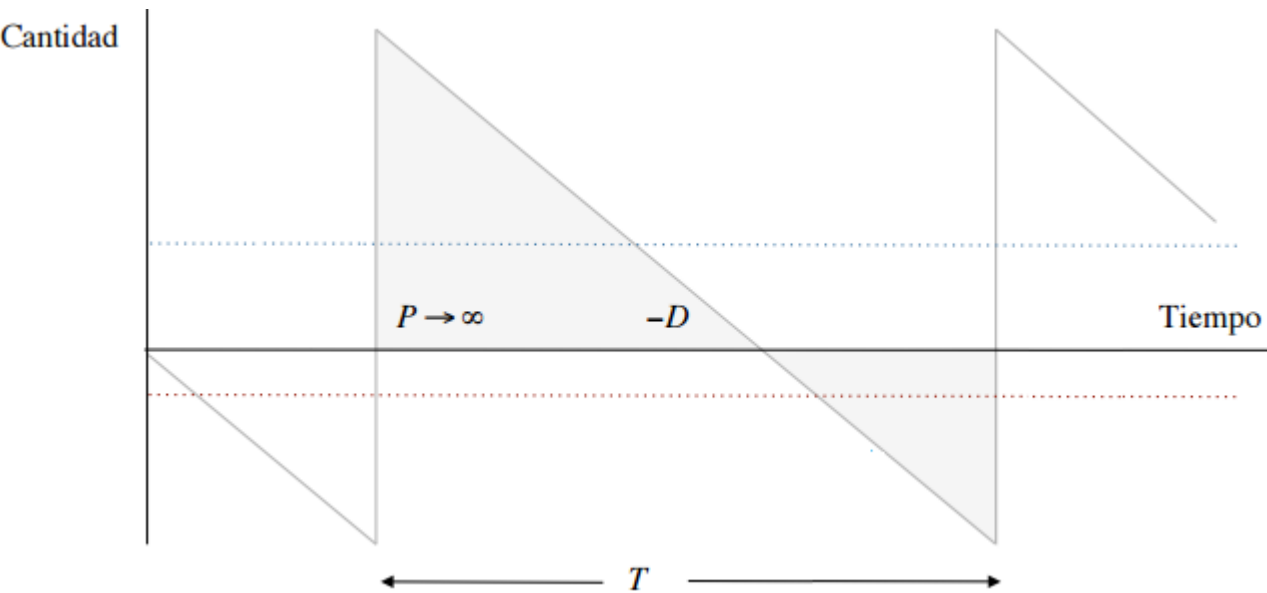
$$(s.a. : f_i(Q) \leq g_i(Q) \quad \forall i)$$

→ Las funciones $C_j(Q)$ dependen del modelo que se está usando

→ Calculamos suponiendo una demanda constante así que obtengamos un tamaño de lote óptimo constante

Modelo

Modelo **EOQ con demanda diferida y producción infinito** (entregas del exterior) sin restricciones:



$$C(Q, x) = ca * \frac{D}{Q} + c_u * D + ch * \frac{1}{2} Q(1 - x)^2 + cb * \frac{1}{2} Qx^2$$

$$x^* = \frac{c_h}{c_h + c_b}$$

La fracción de demanda diferida

$$Q^* = \sqrt{\frac{2c_A D(c_h + c_b)}{c_h c_b}}$$

Tamaño optimo del lote

$$v^* = \sqrt{\frac{c_h c_b D}{2c_A(c_h + c_b)}}$$

Frecuencia optima de reposición

$$T^* = \sqrt{\frac{2c_A(c_h + c_b)}{c_h c_b D}}$$

Tiempo de ciclo optimo

$$\dot{C}^* = c_u D + \sqrt{\frac{2c_A c_h c_b D}{c_h + c_b}}$$

Coste optimo de gestión de stock durante

Cálculo ejemplar para tres partes

Datos:

Material	L	D	P	C _a	C _u	C _h	C _b	I _s
Sillín	2	5100	∞	40	80	2	8	0,025
Cuadro	3	5100	∞	64	170	4	7	0,024
Plato	1	56100	∞	175	50	1	3	0,02

$$C_b = C_{u,exp} - C_u$$

Resultados:

Material	x*	Q* [u]	V* [1/12 sem.]	T* [12 sem.]	T* [semanas]	C* [um]
Sillín	0,2	504,9	10,1	0,1	1,2	408 808
Cuadro	0,36	506,4	10,1	0,1	1,2	868 289
Plato	0,25	5116,6	11	0,1	1,1	2 808 837

Order schedule para los platos

Regla de Harris-Wilson:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
D_t	4675	4675	4675	4675	4675	4675	4675	4675	4675	4675	4675	4675
Q_t	5100	5100	5100	5100	5100	5100	5100	5100	5100	5100	0	5100
Nº de lote	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	0	1020
I_t	425	850	1275	1700	2125	2550	2975	3400	3825	4250	-425	0
C_t	255600	256025	256450	256875	257300	257725	258150	258575	259000	259425	1275	255175

$$C^{\text{total}} = 2\,831\,575 \text{ um}$$

$$C^*_{\text{teórico}}(Q, x) = 175 * \frac{56100}{5100} + 50 * 56100 + 1 * \frac{1}{2} * 5100 * (1 - 0,25)^2 + 3 * \frac{1}{2} * 5100 * 0,25^2 \text{ um} = 2\,808\,837,5 \text{ um}$$



$$Dif = 22\,737,5 \text{ um}$$

Order schedule para los radios

Regla de Harris-Wilson:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
D_t	3200	22600	23040	22680	22680	23040	22680	22680	23040	22680	22680
Q_t	23400	23400	23400	23400	23400	23200	23400	23400	23400	20600	0
Nº de lote	117	117	117	117	117	116	117	117	117	103	0
I_t	20200	21000	21360	22080	22800	22960	23680	24400	24760	22680	0
C_t	2170150	2172550	2173630	2175790	2177950	2160430	2180590	2182750	2183830	1925590	0

$$C^{* \text{ teórico}}(Q, x) = 3550 * \frac{231000}{23382} + 100 * 231000 + 3 * \frac{1}{2} * 23382 * (1 - 0,6)^2 + 2 * \frac{1}{2} * 23382 * 0,6^2 \text{ um} = 23\,149\,101 \text{ um}$$

$C^{\text{total}} = 24\,428\,850 \text{ um}$



$$Dif = 1\,279\,749 \text{ um}$$

Conclusión : Si la demanda es muy variable un modelo que considere un tamaño de lote variable sirve mejor que el EOQ.

BUSINESS CASE 9



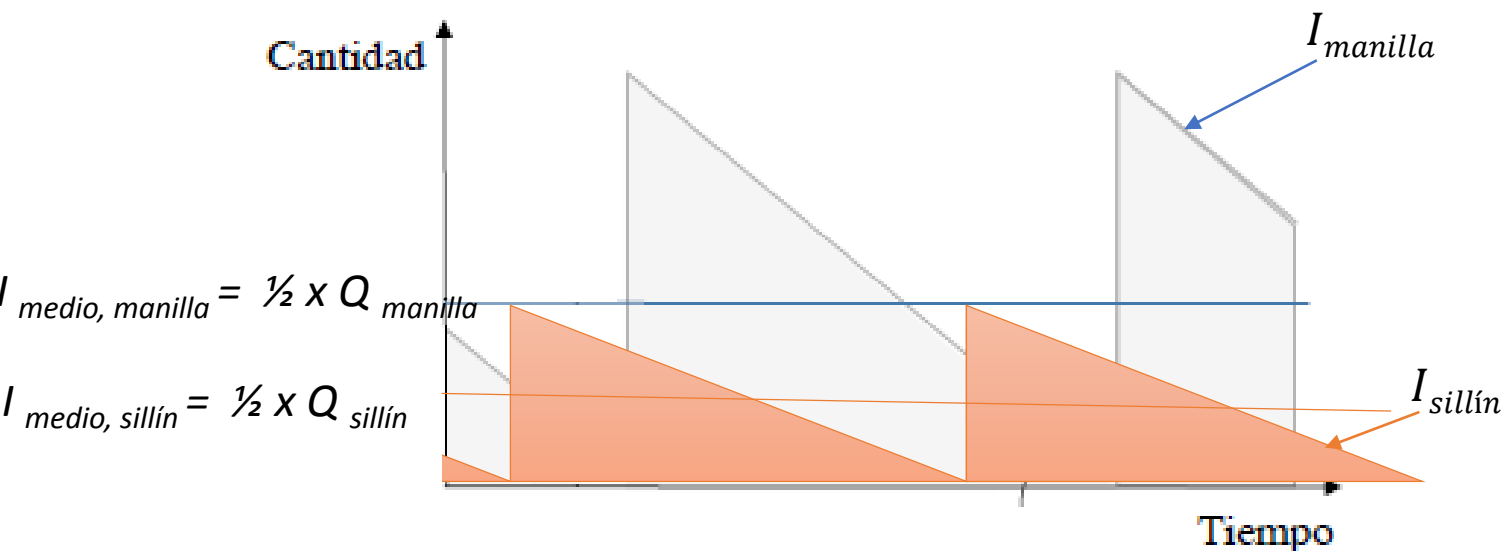
Introducción de restricciones

Caso con dos productos sujeto a restricción lineal (stock medio) y sin tiempo de preparación:

Restricción:

$$I_{sillín, medio} + I_{manilla, medio} \leq I_{total, medio, max}$$

$a_1=a_2=0,5 \rightarrow$ ambas hacen falta el mismo espacio en el almacén.



$$I_{total, medio, max} = 500 \text{ unidades}$$

$$I_{total, medio} = I_{manilla, medio} + I_{sillín, medio} = \frac{1}{2} (Q_{manilla} + Q_{sillín})$$

Resolución del modelo (I)

	Demanda [u/ut]	Producción [u/ut]	C_a [um/orden]	C_u [um/u]	C_h [um/(u*ut)]	I_s
Sillín (1)	5100	∞	40	80	2	0,025
Manilla (2)	5100	∞	64	170	2	0,024

$$\min C(Q) = cA_{,1} * \frac{D_1}{Q_1} + cu_{,1} * D_1 + \frac{1}{2} c_{h,1} * Q_1 + cA_{,2} * \frac{D_2}{Q_2} + cu_{,2} * D_2 + \frac{1}{2} c_{h,2} * Q_2$$

$$s.a.: 0,5 * Q_1 + 0,5 * Q_2 \leq 500$$

$$\text{Óptimos tentativos: } \partial \hat{C}(\vec{Q}) / \partial Q_j = 0 \quad \forall j \in J \Rightarrow \hat{Q}_j = \sqrt{2c_{A_j} D_j / c_{h_j}}$$

$$Q_{\text{Sillín}, \text{tentativo}} = \sqrt{\frac{2 * 40 * 5100}{2}} u \approx 452 u$$

$$Q_{\text{manilla}, \text{tentativo}} = \sqrt{\frac{2 * 64 * 5100}{2}} u \approx 571 u$$

Resolución del modelo (II)

2. Test de satisfacció: $\frac{1}{2} * Q_{sillín, tentativo} + \frac{1}{2} * Q_{manilla, tentativo} = 512 u > 500 u = Imedio, max$

3. Lagrange: $\min C(Q, \lambda) = cA_{,1} * \frac{D_1}{Q_1} + cu_{,1} * D_1 + \frac{1}{2} c_{h,1} * Q_1 + cA_{,2} * \frac{D_2}{Q_2} + cu_{,2} * D_2 + \frac{1}{2} c_{h,2} * Q_2 + \lambda * [\frac{1}{2} (Q_1 + Q_2) - 500]$

$$Q(\lambda) = \sqrt{\frac{2 * 40 * 5100}{2 + 2 * 0,5 * \lambda}}: \begin{cases} Q_1(\lambda) = \sqrt{(2 * 40 * 5100)/(2 + \lambda)} \\ Q_2(\lambda) = \sqrt{(2 * 64 * 5100)/(2 + \lambda)} \end{cases} \rightarrow \frac{Q_1(\lambda)}{2} + \frac{Q_2(\lambda)}{2} = 500u$$

$$0,5 * \sqrt{\frac{2 * 40 * 5100}{2 + \lambda}} + 0,5 * \sqrt{\frac{2 * 64 * 5100}{2 + \lambda}} = 500 \Rightarrow \lambda^* \approx 9,3\% \equiv \text{Cada unidad que sobrepasa el limite del stock medio nos cuesta 0,093 um}$$

4. Óptimos:

$$\begin{cases} Q_1(\lambda) = \sqrt{(2 * 40 * 5100)/(2 + \lambda)} = 442u \\ Q_2(\lambda) = \sqrt{(2 * 64 * 5100)/(2 + \lambda)} = 558u \end{cases} \quad \begin{cases} v_1^* = 11,5 \frac{\text{ordenes}}{12 \text{ semanas}} \\ v_2^* = 9,1 \frac{\text{ordenes}}{12 \text{ semanas}} \end{cases} \quad \begin{cases} T_1^* = 0,96 \text{ semanas} \\ T_2^* = 0,76 \text{ semanas} \end{cases}$$

$$\dot{C}^* = 1302966 um$$

Order Schedule - Manilla

Con restricciones:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
D_t	425	425	425	425	425	425	425	425	425	425	425	425
Q_t	560	560	560	560	0	560	560	560	0	560	560	560
Nº de lote	112	112	112	112	0	112	112	112	0	112	112	112
I_t	135	270	405	540	115	250	385	520	95	230	365	500
C_t	95534	95804	96074	96344	230	95764	96034	96304	190	95724	95994	96264

$Q^* = 558u \rightarrow$ pedidos de 560 (tamaño de lote de 5 unidades)

$C_t^* = 960260$ um

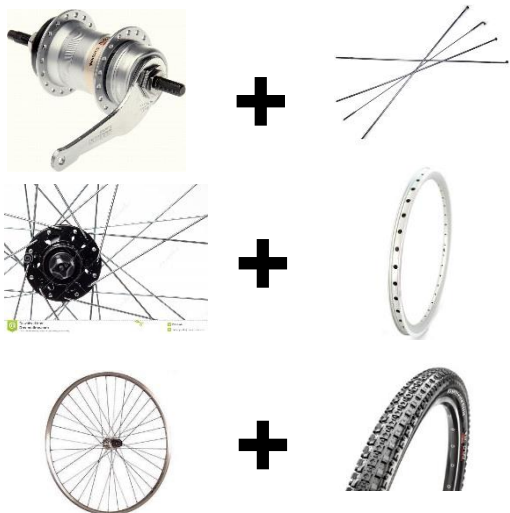
Sin restricciones:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
D_t	425	425	425	425	425	425	425	425	425	425	425	425
Q_t	570	570	570	0	570	570	570	0	570	570	570	0
Nº de lote	114	114	114	0	114	114	114	0	114	114	114	0
I_t	145	290	435	10	155	300	445	20	165	310	455	30
C_t	97254	97544	97844	20	97274	97564	97854	40	97294	97584	97874	60

$C_t^* = 875206$ um



Programación



Ruedas de bicicleta	Todo Terreno [s]	Para Niños [s]	Ciudad / Eléctrica [s]	Competeción [s]
Poner los radios con el cubo	40	20	30	40
Ensamblar la llanta sobre los radios	8	5	8	8
poner el neumático sobre la llanta	38	28	32	42



Resolución algoritmo de Johnson MF (I)

		1	2	3	4
	Piezas	Todo Terreno	Niños	Ciudad	Competicion
1	Cubo+Radio	40	20	30	40
2	Llanta	8	5	8	8
3	Neumatico	38	28	32	42
	1+2	48	25	38	48
	2+3	46	33	40	50
	1+2	25	38	48	48
	2+3	33	40	50	46
	Piezas	Niños	Ciudad	Competicion	Todo Terreno
	Cubo+Radio	20	30	40	40
	Llanta	5	8	8	8
	Neumatico	28	32	42	38

Resolución algoritmo de Johnson MF (II)

Piezas	Niños	Ciudad	Competicion	Todo Terreno
Cubo+Radio	20	30	40	40
Llanta	5	8	8	8
Neumatico	28	32	42	38
C1*	20	50	90	130
C2*	25	58	98	138
C3*	53	90	140	178

$$C_{max} = 178 \text{ s} \quad C_{med} = 115,25 \text{ s} \quad C_{med}(k=1) = 72,5 \text{ s} \quad C_{med}(k=2) = 79,75 \text{ s}$$

Caso varias piezas

Todo Terreno	Niños	Comp	Ciudad
21335	24096	21808	144576
10%	11%	10%	68%
1	1	1	7

Piezas	Niños	Ciudad	Ciudad	Ciudad	Ciudad	Ciudad	Ciudad	Ciudad	Competicio n	Todo Terreno
Cubo+Radi o	20	30	30	30	30	30	30	30	40	40
Llanta	5	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Neumatico	28	32	32	32	32	32	32	32	42	38
C1	20	50	80	110	140	170	200	230	270	310
C2	25	58	88	118	148	178	208	238	278	318
C3	53	90	122	154	186	218	250	282	324	362

$$C_{max} = 362 \text{ s} \quad C_{med} = 204,1 \text{ s} \quad C_{med}(k=1) = 158 \text{ s} \quad C_{med}(k=2) = 165,7 \text{ s}$$

Cotas y resolución Branch and Bound (I)

Solución con algoritmo de Johnson MF:

$\pi(4) = (\text{Niños}, \text{Ciudad}, \text{Competeción}, \text{Todo Terreno})$

$C_{max}=178 \text{ s}$ $C_{med}= 115,25 \text{ s}$

Cotas mínimas por máquina:

$LB_1 = 130 + (5+28) = 163$
 $LB_3 = 140 + (20+5) = 165$
 $LB_2 = 29 + (20+28) = 77$

(K)=165 s

LB

	Todo Terreno [s]	Niños [s]	Ciudad / Elec. [s]	Comp. [s]	Σ [s]
Poner los radios con el cubo (1)	40	20	30	40	130
Ensambla r la llanta sobre los radios (2)	8	5	8	8	29
Poner el neumático o sobre la llanta (3)	38	28	32	42	140

Cotas y resolución Branch and Bound (II)

Nivel $t=1$

$$\pi(1) = (\text{Todo Terreno}) \Rightarrow LB_3(\pi(1)) = (40 + 8 + 38) + (28 + 32 + 42) = 188 \rightarrow \text{Eliminar (} 188 > 178 \text{)}$$

$$\pi(1) = (\text{Niños}) \Rightarrow LB_3(\pi(1)) = (20 + 5 + 28) + (38 + 32 + 42) = 165$$

$$\pi(1) = (\text{Ciudad}) \Rightarrow LB_3(\pi(1)) = (30 + 8 + 32) + (38 + 28 + 42) = 178$$

$$\pi(1) = (\text{Comp}) \Rightarrow LB_3(\pi(1)) = (40 + 8 + 42) + (38 + 28 + 32) = 188$$

$$LB_3(\pi(t)) = C_{3,t} + \sum_{i \in (I - \pi(t))} p_{3,i}$$

→ Podríamos eliminar ya que sabemos una solución igual

→ Eliminar

Nivel $t=2$ - Desarrollar (Niños)

$$\pi(2) = (\text{Niños}, \text{Todo Terreno}) \Rightarrow (106) + (32 + 42) = 180 \rightarrow \text{Eliminar}$$

$$\pi(2) = (\text{Niños}, \text{Ciudad}) \Rightarrow (90) + (38 + 42) = 178$$

$$\pi(2) = (\text{Niños}, \text{Comp}) \Rightarrow (110) + (38 + 32) = 180 \rightarrow \text{Eliminar}$$

Nivel $t=3$ - Desarrollar (Niños, Ciudad)

$$\pi(3) = (\text{Niños}, \text{Ciudad}, \text{Todo Terreno}) \Rightarrow LB_3 = 136 + 42 = 178$$

$$\pi(3) = (\text{Niños}, \text{Ciudad}, \text{Comp}) \Rightarrow LB_3 = 140 + 38 = 178$$

Nivel $t=4$ - Desarrollar (Niños, Ciudad, Todo Terreno)

$$\pi(4) = (\text{Niños}, \text{Ciudad}, \text{Todo Terreno}, \text{Comp}) \Rightarrow LB_3 = 180 \rightarrow \text{Eliminar}$$

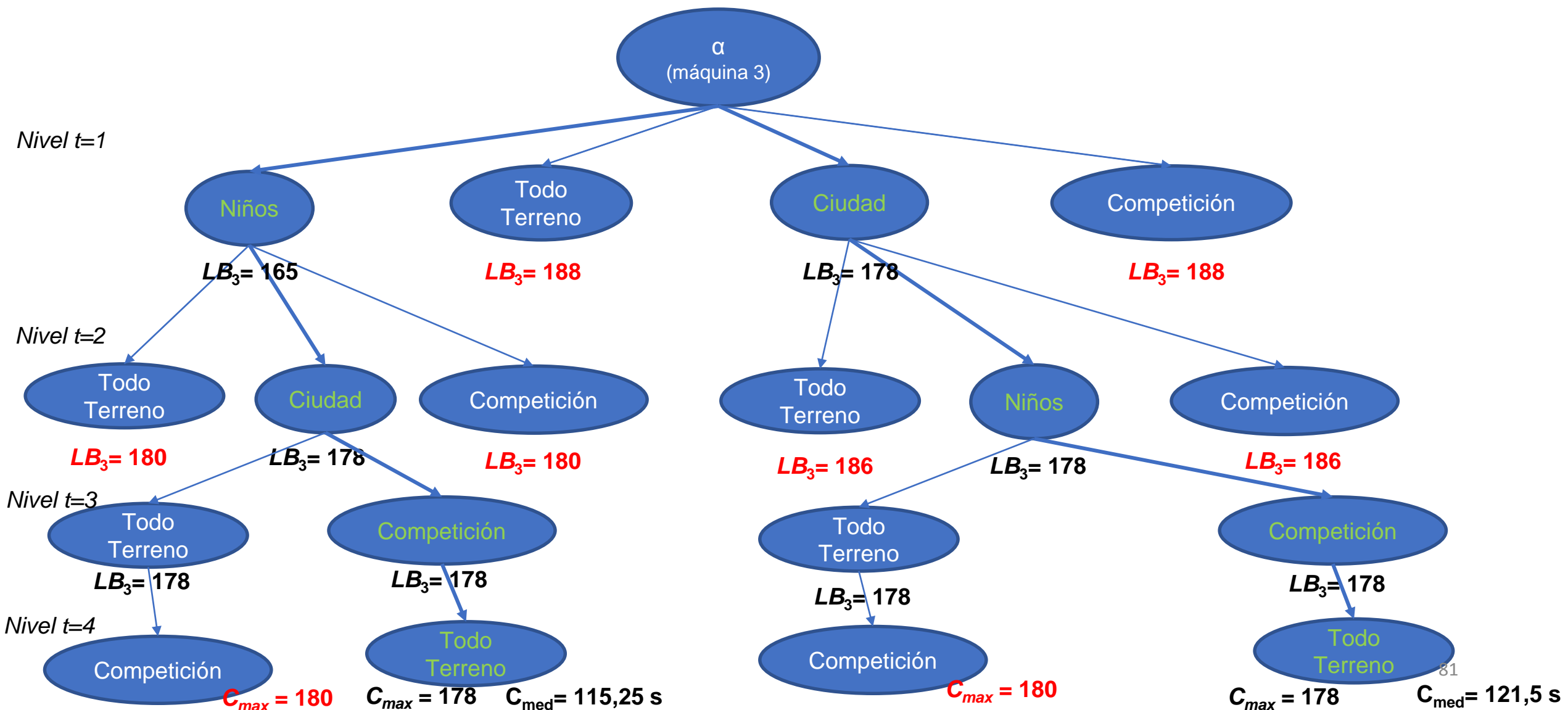
Nivel $t=4$ - Desarrollar (Niños, Ciudad, Comp)

$$\pi(4) = (\text{Niños}, \text{Ciudad}, \text{Comp}, \text{Todo Terreno}) \Rightarrow LB_3 = 178 \rightarrow \text{Solución del algoritmo de Johnson MF}$$

t=2	<u>Niños</u> [s]	TT [s]	Ciudad [s]	Comp [s]
1	<u>20</u>	60	50	60
2	<u>25</u>	68	58	68
3	<u>53</u>	106	90	110

t=3	<u>Niños</u> [s]	<u>Ciudad</u> [s]	TT [s]	Comp [s]
1	<u>20</u>	<u>50</u>	90	90
2	<u>25</u>	<u>58</u>	98	98
3	<u>53</u>	<u>90</u>	136	140

Resolución Branch and Bound (IV)





GRACIAS POR SU ATENCIÓN
Q&A?